

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA
Departamento de Nutrición y Bromatología II
(Bromatología)



SEMILLAS DE FRUTOS NATIVOS Y CULTIVADOS EN
CHILE: SU ACEITE COMO FUENTE COMPUESTOS
NACIONALES

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Lilia Masson Salaue

Bajo la dirección de la doctora

Esperanza Torija Isasa

Madrid, 2012

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE FARMACIA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA II: BROMATOLOGÍA



***“Semillas de frutos nativos y cultivados
en Chile. Su aceite como fuente de
compuestos funcionales”***

Lilia Masson Salaue

MADRID, Enero 2012



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA II
Bromatología

**M^a DOLORES TENORIO SANZ, PROFESORA TITULAR Y DIRECTORA DEL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA II: BROMATOLOGÍA,
DE LA FACULTAD DE FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE
MADRID,**

CERTIFICA QUE:

El presente trabajo de investigación titulado **“Semillas de frutos nativos y cultivados en Chile. Su aceite como fuente de compuestos funcionales”** se ha realizado en este Departamento bajo la dirección de la **Dra Esperanza Torija Isasa**, y constituye la Memoria que presenta la Licenciada **D^a Lilia Adriana Masson Salaue** para optar al Grado de Doctor.

Y para que conste a los efectos oportunos firmo el presente certificado en Madrid a veintitrés de enero de dos mil doce.



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA II
Bromatología

ESPERANZA TORIJA ISASA, CATEDRÁTICA DE NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA DEL DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA II: BROMATOLOGÍA, DE LA FACULTAD DE FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID,

CERTIFICA QUE:

D^a Lilia Adriana Masson Salaue, ha realizado bajo su dirección el trabajo que lleva por título ***“Semillas de frutos nativos y cultivados en Chile. Su aceite como fuente de compuestos funcionales”*** que constituye su Memoria de Tesis Doctoral. Dicho trabajo reúne las condiciones necesarias para su presentación y defensa.

Y para que conste a los efectos oportunos, firmo el presente certificado en Madrid a veintitrés de enero de dos mil doce.

AGRADECIMIENTOS

A mi Directora de Tesis Catedrática Dra. Esperanza Torija Isasa por haberme impulsado a emprender este desafío y haberme otorgado desde el inicio hasta el final de esta Tesis, todo su apoyo, su experiencia y creatividad para lograr el objetivo, comprometiendo para siempre mi profunda gratitud.

A la Catedrática Dra. Carmen Díez Marqués por haber contado desde el inicio con su apoyo y su valioso estímulo en el logro de este desafío, de una profunda trascendencia humana y académica para mí.

A la Dra. M^a Cruz Matallana González, por su apoyo constante y cálida amistad.

A las Directoras y Profesoras del Departamento de Nutrición y Bromatología II. Bromatología, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, por la amistad y compañerismo que siempre me brindaron durante mis estadías en el Departamento.

Al Dr. Benito del Castillo, profesor y ex decano de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, de quien siempre recibí una cálida acogida y sus sabias palabras de estímulo.

A las personas del Centro de I&D en Grasas y Aceites, CIDGRA, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile, que me apoyaron en este trabajo de Tesis.

A los Profesionales: Ing. Al. Sr. Conrado Camilo Manríquez, Ing. Agr. Sr. José Caquilpán Parra, Q.F. Sr. Luis Cornejo Donoso, Ing. Al. Sr. Carlos Urra Torres, por su generosa contribución en el desarrollo de esta tesis.

A mis nietos Sr. Rodolfo Davidson Rebolledo, Sr. Jaime Davidson Rebolledo y Sr. Diego Riquelme Davidson, por su paciencia y creatividad al apoyarme en las tomas fotográficas de frutos y semillas, así como en la resolución de los pequeños problemas cotidianos durante el desarrollo del trabajo.

A toda mi familia por su incondicional apoyo y estímulo.

Con Amor, Fé y Esfuerzo se logra hacer realidad un sueño...

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. Las semillas como fuentes naturales de alimentos	2
1.2. Alimentos Funcionales	7
1.2.1. Antecedentes generales, origen y definiciones	7
1.2.2. Componentes bioactivos como posibles ingredientes para “alimentos funcionales” y sus fuentes naturales	14
1.3. Lípidos y Salud	16
1.3.1. Principales hitos en el conocimiento de las grasas	16
1.3.2. Recomendaciones Dietéticas	26
1.3.3. Conversión de 18:2n-6 y 18:3n3 en LCPUFAs en seres humanos	29
1.3.4. Ácidos grasos individuales y lipoproteínas	32
1.3.5. Oxidación de las materias grasas y antioxidantes naturales	36
1.3.6. Principales fuentes alimentarias vegetales de ácido linoleico y α -linolénico	37
1.3.7. Tocolos	38
1.3.8. Fitoesteroles	40
1.3.9. Corolario	43
1.4. Bibliografía relativa a la introducción	44
2. Hipótesis y objetivos	53
2.1. Hipótesis	54
2.2. Objetivo general	54
2.3. Objetivos específicos	54
3. Material y métodos	55
3.1. Materiales	56
3.2. Métodos	59
3.2.1. Composición centesimal	59
3.2.1.1. Humedad y Materias volátiles	59
3.2.1.2. Proteínas	59
3.2.1.3. Materia Grasa	59
3.2.1.4. Hidratos de carbono disponibles totales	60
3.2.1.5. Fibra Dietética total	60
3.2.1.6. Contenido mineral	60
3.2.2. Estudio del aceite extraído	60
3.2.2.1. Ácidos Grasos	61
3.2.2.2. Triglicéridos	61
3.2.2.3. Tocolos	62
3.2.2.4. Fitoesteroles	62
3.3. Planteamiento general de la exposición y discusión de resultados	64
3.4. Bibliografía de metodología	65
4. Estudio de las semillas y su aceite. Resultados, discusión y conclusiones específicas	66
4.1. Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	68
4.1.1. Aspectos generales de la tuna	68

4.1.2. Estudio analítico de la semilla de tuna y su aceite	71
4.1.3. Conclusiones respecto a la semilla de tuna y su aceite	84
4.1.4. Bibliografía sobre la semilla de tuna y su aceite	85
4.2. Zarzamora (<i>Rubus ulmifolius</i>)	88
4.2.1. Aspectos generales de la zarzamora	88
4.2.2. Estudio analítico de la semilla de zarzamora y su aceite	89
4.2.3. Conclusiones respecto a la semilla de zarzamora y su aceite	100
4.2.4. Bibliografía sobre la semilla de zarzamora y su aceite	101
4.3. Chañar (<i>Geoffroea decorticans</i> (Gill. ex H. et A.) Burk.)	103
4.3.1. Aspectos generales del chañar	103
4.3.2. Estudio analítico de la semilla de chañar y su aceite	105
4.3.3. Conclusiones respecto a la semilla de chañar y su aceite	119
4.3.4. Bibliografía sobre la semilla de chañar y su aceite	120
4.4. Chirimoya (<i>Annona cherimola</i> Mill.)	122
4.4.1. Aspectos generales de la chirimoya	122
4.4.2. Estudio analítico de la semilla de chirimoya y su aceite	125
4.4.3. Conclusiones respecto a la semilla de chirimoya y su aceite	138
4.4.4. Bibliografía sobre la semilla de chirimoya y su aceite	139
4.5. Espino (<i>Acacia caven</i> Mol.)	141
4.5.1. Aspectos generales del espino	141
4.5.2. Estudio analítico de la semilla de espino y su aceite	143
4.5.3. Conclusiones respecto a la semilla de espino y su aceite	154
4.5.4. Bibliografía sobre la semilla de espino y su aceite	155
4.6. Rosa Mosqueta (<i>Rosa aff. rubiginosa</i>)	156
4.6.1. Aspectos generales de la rosa mosqueta	156
4.6.2. Estudio analítico de la semilla de rosa mosqueta y su aceite	158
4.6.3. Conclusiones respecto a la semilla de rosa mosqueta y su aceite	171
4.6.4. Bibliografía sobre la semilla de rosa mosqueta y su aceite	172
4.7. Papaya (<i>Carica pubescens</i> L.)	174
4.7.1. Aspectos generales de la papaya	174
4.7.2. Estudio analítico de la semilla de papaya y su aceite	177
4.7.3. Conclusiones respecto a la semilla de papaya y su aceite	190
4.7.4. Bibliografía sobre la semilla de papaya y su aceite	191
4.8. Avellana chilena (<i>Gevuina avellana</i> Mol.)	193
4.8.1. Aspectos generales de la avellana chilena	193
4.8.2. Estudio analítico de la semilla de avellana chilena y su aceite	195
4.8.3. Conclusiones respecto a la semilla de avellana chilena y su aceite	209
4.8.4. Bibliografía sobre la semilla de avellana chilena y su aceite	210
4.9. Peumo (<i>Cryptocarya alba</i> Mol. Losser)	211
4.9.1. Aspectos generales del peumo	211

4.9.2. Estudio analítico de la semilla de peumo y su aceite	213
4.9.3. Conclusiones respecto a la semilla de peumo y su aceite	223
4.9.4. Bibliografía sobre la semilla de peumo y su aceite	223
4.10. Palma chilena (<i>Jubaea chilensis</i> (Molina) Baillon)	224
4.10.1. Aspectos generales de la palma chilena	224
4.10.2. Estudio analítico de la semilla de “coquito de palma” y su grasa	226
4.10.3. Conclusiones respecto al “coquito de palma” y su grasa	239
4.10.4. Bibliografía sobre la semilla de “coquito de palma” y su aceite	240
5. Estudios comparativos	241
5.1. Composición centesimal de las semillas	243
5.2. Materia grasa total	245
5.3. Ácidos grasos	247
5.3.1. Aceite altamente saturado	248
5.3.2. Aceites altamente monoinsaturados	250
5.3.3. Aceites de composición equilibrada	252
5.3.4. Aceites mayoritariamente poliinsaturados	254
5.3.5. Clasificación nutricional de los aceites estudiados	257
5.4. Tocolos	259
5.5. Fitoesteroles	264
5.6. Conclusiones del estudio comparativo	271
5.7. Bibliografía referente al estudio comparativo	272
6. Conclusiones finales y recomendaciones	275

1. Introducción

1.1.- Las semillas como fuentes naturales de alimentos

El consumo de semillas, especialmente de gramíneas silvestres, como trigo y cebada, jugó un papel esencial en la evolución humana, ya que fueron los primeros alimentos que sustentaron al hombre.

Con posterioridad, al transformarse en semi-sedentario, inició la siembra y cultivo de estos cereales, es decir “domesticó” las primeras variedades de plantas para su alimentación, seleccionando los granos más grandes, consiguiendo así variedades más productivas y transformándose en sedentario. Este hecho que parece tan trivial, fue trascendental para el hombre primitivo, que le permitió por primera vez en su historia disponer de alimentos en cantidad suficiente para poder almacenarlos y no depender de la búsqueda continua del sustento diario (Arsuaga, 2003).

Surge así una nueva alternativa de vida para el hombre primitivo, que le permite iniciar otro tipo de actividades más creativas y no sólo dedicarse a subsistir. Esta agricultura rudimentaria asociada a la “domesticación” y cultivo de granos, constituye un hito entre el hombre primitivo y el civilizado.

En el caso de América, México, Centro América, Amazonía, Región Andina y Austral, constituyeron importantes centros de origen y “domesticación” de numerosas especies vegetales alimentarias, propias de estas tierras, algunas adaptadas a alturas de más de 4.000 m, que siguen siendo parte importante de la alimentación de los pueblos andinos. El maíz (*Zea mays*), es el cereal de cultivo más antiguo en los Andes Centrales, Perú y México, superando los 4.000 msnm; otros cultivos no menos importantes, muchos de los cuales hoy están presentes cada día en la mesa de millones de personas en las partes más diversas del mundo, tuvieron su origen en estas tierras de América, y siguen siendo parte de nuestra alimentación tradicional como los tubérculos, la papa o patata (*Solanum tuberosum*), el camote (*Ipomoea batata*); pseudocereales como la quinoa (*Chenopodium quinoa*), el amaranto (*Amaranthus spp.*), la kañihua (*Chenopodium pallidicaule*); leguminosas como el poroto o frejol, judía o alubia (*Phaseolus vulgaris*), el maní o cacahuete (*Arachis hipogea*), el tarwi o lupino (*Lupinus mutabilis*); frutos como el tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill.), el ají (*Capsicum annum*), el pimiento (*Capsicum annum*, var dulce), la

palta o aguacate (*Persea americana*), la papaya (*Carica papaya*), la piña (*Ananas comosus*), la chirimoya (*Annona cherimola*), la lúcuma (*Pouteria lucuma*), la tuna o nopal (*Opuntia ficus-indica*), la fresa o frutilla blanca (*Fragaria chiloensis*) nativa de los bosques del sur de Chile; semillas como el cacao (*Theobroma cacao*), alimento sagrado de los dioses, que originó el chocolate, apetecido y consumido mundialmente.

La Amazonía tiene una gran biodiversidad y es una fuente permanente de generación de nueva información sobre especies nativas que puedan aportar aceites especiales (Tapia, 1990; Rodríguez-Pérez, 2005).

Chile, cuyo territorio se extiende entre el paralelo 17° 30" y 56° 32" latitud sur, con una longitud que sobrepasa los 4.200 km, sin considerar el territorio antártico y territorios insulares se caracteriza por una gran diversidad climática. En el norte, entre los paralelos 17 y 27°, latitud sur, que comprende las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Atacama, el clima es extremadamente seco, con excepción de los terrenos cordilleranos altos; en este sector se encuentra el desierto de Atacama. Es una zona minera por excelencia; también destaca la industria pesquera, existen fértiles oasis, algunos ríos y corrientes de agua subterráneas, que permiten la producción de hortalizas, de frutales subtropicales en quebradas y valles y en las zonas altas se mantienen los cultivos tradicionales andinos, maíz, quinoa, papa.

Entre los paralelos 27° y 33° latitud sur se encuentran las Regiones de Coquimbo y Valparaíso con clima de tipo mediterráneo, veranos secos y lluvias en invierno de escasa y mediana frecuencia, permitiendo una gran diversidad de cultivos de frutales, hortalizas, tubérculos, viñas, parronales, etc, además es una importante zona minera y pesquera.



Figura Int-1. Mapa de la República de Chile
Fuente: www.aymara.org/mapa/chile.php

Entre los paralelos 33° y 37°, latitud sur, se encuentra el valle central, con clima también de tipo mediterráneo, zona frutícola y vitivinícola por excelencia, fuente principal de las exportaciones de fruta y vinos al mundo, además de los cultivos tradicionales como frejol o poroto, maíz, trigo, arroz, papa, todo tipo de hortalizas; comprende las Regiones Metropolitana, del Libertador B.O'Higgins y del Maule, numerosos ríos atraviesan esta zona y con mayor frecuencia de lluvias en invierno.

Entre los paralelos 37° y 45°, latitud sur, se encuentran las Regiones de Bío-Bío, La Araucanía, De Los Ríos y De Los Lagos; en ellas predomina el clima lluvioso, posee grandes praderas naturales y bosques nativos donde existe una gran diversidad de especies autóctonas, principalmente en cuanto a frutos silvestres, zona agrícola de cultivos intensivos, trigo, cebada, papas, remolacha azucarera, bayas o "berries", ganado lechero y de carne, gran industria forestal, importante industria pesquera; la caracterizan sus innumerables lagos, torrentosos ríos y volcanes, termina esta zona del país con la Isla Grande de Chiloé que se destaca por la biodiversidad de sus papas nativas, gran industria del cultivo del salmón y zona pesquera de diversas especies marinas, ambas con alto nivel de exportación mundial.

Entre los paralelos 45° y 56°, latitud sur, que comprende las Regiones de Aysén, Magallanes y Antártica Chilena, se extiende la Patagonia chilena, zona que se caracteriza por sus innumerables islas y canales de navegación, principal medio de transporte; el clima frío, lluvioso y con nevadas, fuertes vientos, praderas naturales, bosques nativos, gran diversidad de frutos silvestres, pájaros y animales nativos terrestres y marinos, ganado de carne, ovejería que produce carne y lana para exportación y pesca.

Dada esta gran diversidad de climas y entre los alimentos nativos de América, ya señalados en párrafos anteriores, en Chile se cultiva el maíz, la papa, el camote, la quinoa, el frejol o poroto, el lupino o tarwi, el amaranto; entre los frutos la tuna, la papaya de altura, la chirimoya, la palta o aguacate, la lúcuma, la fresa o frutilla, entre el nivel del mar y las alturas andinas (Tapia,1990). Posee además, una gran diversidad de frutos y semillas nativas, originarios de esta Región de América del Sur, como el chañar (*Geoffrea decorticans*), el espinillo (*Acacia caven*), la palma chilena (*Jubaea chilensis*), la chirimoya (*Annona cherimola* Mill.), la papaya de altura (*Carica*

pubescens), el peumo (*Cryptocarya alba*), la fresa o frutilla (*Fragaria chiloensis*), la avellana (*Gevuina avellana*), el maqui (*Aristotelia chilensis*), la murta (*Ugni molinae*), el piñón (*Araucaria chilensis* Mirb., 1825, o *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch), el calafate (*Berberis microphylla*), entre otros.

Las semillas de todas estas especies pueden ser buena fuente de nutrientes y compuestos bioactivos. Igualmente, se han introducido en Chile, como ya se ha señalado, por su gran diversidad de climas, numerosas especies de otras regiones del mundo, como la rosa mosqueta (*Rosa Aff. rubiginosa*), la zarzamora (*Rubus ulmifolius*), la frambuesa (*Rubus idaeus*), el arándano (*Vaccinium myrtillus*), el kiwi (*Actinidia chinensis*) cuyas semillas pueden ser también buena fuente de macronutrientes, especialmente su aceite, y de compuestos bioactivos.

El mundo se debate actualmente entre dos extremos; en pleno siglo XXI, seguimos sin poder dominar las llamadas enfermedades crónicas no transmisibles, que causan la muerte de millones de personas principalmente en el mundo occidental y que cada vez más, se asocian a desequilibrios y excesos en el aporte de los nutrientes por la dieta y por otra parte, en el año 2009 un billón de personas sufrió de hambre y muchos niños murieron por esta causa (FAO, 2010).

Bajo este panorama, el hombre está tratando de encontrarse nuevamente con sus alimentos originales, en un intento por descubrir, dados los avances de la instrumentación moderna, los innumerables componentes bioactivos, que siempre han estado presentes en nuestros alimentos, especialmente en los nativos de América y que nuestra tradición señala como importantes para mantener una buena salud. Es urgente a nivel mundial, aumentar y diversificar las fuentes alimentarias, pues la población sigue creciendo. Existen recursos poco explotados que pueden ayudar, aunque sea localmente, a paliar este desequilibrio, generando información nutricional sobre dichos alimentos no explotados u olvidados (FAO, 2010).

Como consecuencia de esta necesidad imperiosa, en los últimos años se ha observado un creciente interés por generar información sobre frutos y semillas nativas provenientes de diversas partes del mundo; en especial su contenido de grasa, su calidad nutricional y su aporte de componentes bioactivos, lo que se ha traducido en

innumerables artículos de investigación publicados en diversas revistas científicas (Simopoulus, 2004), como también se han editado algunos libros con información de alimentos de América (Tapia,1990; Díaz,. 2006; Sáenz, 2006; Nazareno y González, 2008).

1.2. Alimentos Funcionales

1.2.1. Antecedentes generales, origen y definiciones

En el campo de la Nutrición, Salud Pública y Ambiental los avances han sido extraordinariamente positivos; hace ya muchos años que las pestes que aquejaron a la humanidad, son sólo recuerdos.

A su vez, la Bioingeniería que nos enfrenta a los alimentos genéticamente modificados, permite rediseñar a medida cualquier atributo de un alimento. La Ciencia y la Tecnología, también avanzan; se diseñan lípidos estructurados de aplicaciones dietéticas específicas, han aparecido las grasas sintéticas y sustitutos grasos para disminuir el exceso de consumo de grasa, dado el grave aumento de la obesidad que afecta a niños, jóvenes y adultos; se han desarrollado los alimentos funcionales y los nutraceuticos o suplementos alimenticios para prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles, que son causa de muerte de millones de personas, principalmente en el mundo occidental (Hasler, 1998; Mazza, 1998; Jones, 1999; Moreau y Kamal-Eldin, 2009).

Por otra parte, la Ciencia y Tecnología de los Alimentos ha innovado en la producción y procesamiento de los alimentos, aumentando significativamente su disponibilidad y diversidad; esta verdadera revolución industrial ha cambiado la alimentación del hombre, pero no su fisiología, que sigue siendo la misma que tenía al inicio de los tiempos cuando se irguió sobre la tierra e incorporó a su alimentación los alimentos de la tierra, del mar y los lagos.

¿Este cambio tiene algún significado? El hombre ha cambiado su dieta junto con su estilo de vida; la revolución tecnológica lo ha atrapado, ya no tiene que caminar largas distancias para conseguir algunos granos para alimentarse, todo está a la mano, no necesita moverse, el esfuerzo físico es mínimo, lo mismo el gasto energético, transformándose en un ente sedentario y cada vez más solitario.

Se está olvidando que alimentarse es un bien social, es la instancia de comunicación, de compartir, de disfrutar los alimentos en la cantidad y calidad adecuada, sin caer en excesos. La dieta original era muy alta en fibra, por el gran aporte de los granos integrales que se consumía; los tallos, las hojas y los frutos silvestres le aportaban componentes bioactivos, los minerales y vitaminas; la grasa era poca y de muy buena calidad, pues cazaba animales, pájaros silvestres, que a su vez se alimentaban de semillas y frutos de su medio ambiente; consumía peces que le aportaban en la proporción adecuada los ácidos grasos de las familias n-6 y n-3, (AG-n-6, AG-n-3) y proteína de buena calidad, y descubrió otra fuente excelente de grasa en la médula de los huesos de los animales que cazaba; posteriormente, el hombre integró la leche de los rumiantes que domesticó. Hacía mucho ejercicio físico, por lo que su balance energético era equilibrado y su fisiología adaptada a esa dieta, no ha cambiado. La alimentación de las especies vivientes era natural, no estaba intervenida o formulada como ahora a través de un computador (Arsuaga, 2003; Simopoulus, 2004).

Esta dieta ancestral se perfila como la dieta saludable que se recomienda actualmente, que incluso calza con la dieta de nuestros ancestros originarios de América y que el hombre en la actualidad está tratando de reencontrar para volver a ella y recuperar la salud perdida. Esta situación, está produciendo un cambio en la estrategia asociada a la elaboración masiva de alimentos; se busca producir alimentos saludables y seguros y por otra parte la FAO está apoyando la investigación en los alimentos nativos de diversas regiones del mundo, algunos de los cuales están subexplotados u olvidados y fomentando el conocimiento en base a la gran biodiversidad existente de innumerables especies alimentarias (Simopoulus, 2004; FAO, 2010).

La función principal de la dieta es proporcionar los nutrientes necesarios y suficientes para satisfacer los requerimientos metabólicos y proporcionar una sensación de satisfacción a quien la consume. Sin embargo, los conocimientos recientes apoyan la hipótesis que, más allá de las necesidades nutricionales, la dieta a través de sus componentes bioactivos, puede modular diversas funciones en el organismo, como el sistema inmune, expresión génica, pudiendo jugar un rol beneficioso o perjudicial en el desarrollo de algunas enfermedades (Roberfroid, 2000).

La capacidad de los alimentos para prevenir o reducir la gravedad de los síntomas derivados de lo que hoy con frecuencia se denominan deficiencias nutricionales, se ha registrado en una variedad de documentos históricos. La capacidad de la dieta para influir en estos procesos depende probablemente de varios factores, incluyendo las interacciones con otros componentes en la dieta, el estado fisiológico del consumidor, el patrón de comportamiento y sus antecedentes genéticos (Milner, 2000).

Hoy, nos encontramos en el umbral de una nueva frontera en las ciencias relacionadas con la nutrición. Los conceptos en la alimentación se expanden, dejando de centrarse sólo en la supervivencia, la satisfacción del hambre y la prevención de efectos adversos, para dar un énfasis en el uso de los alimentos como promotores de un estado saludable y ayudar a reducir el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles. Estos conceptos son particularmente importantes en vista de los crecientes costos del cuidado de la salud, el aumento constante de la esperanza de vida y el deseo de las personas mayores para mejorar la calidad de sus últimos años. El conocimiento para mantener una vida saludable a través de la dieta, es esencial para los consumidores y la situación social de los países, surgiendo la alternativa de los “*Alimentos Funcionales*” (Roberfroid, 2000).

No existe un acuerdo para definir de forma precisa lo que son los “Alimentos Funcionales”. Muchos opinan que se trata de un concepto aún en desarrollo y que bien podría considerárselos como productos intermedios entre los tradicionales y la medicina (Pszczola *et al.*, 2000). Aunque “Alimentos Funcionales” es un término cada vez más familiar, no ha sido acogido en su totalidad por las comunidades de salud y científicas. La controversia sobre lo que es y lo que no es un “alimento funcional” se mantiene en los debates (Milner, 2000). Muchos creen que la promoción de los alimentos como “buenos” o “malos” es inapropiada y científicamente indefendible. Por otra parte, los expertos opinan que sólo las dietas pueden ser clasificadas como buenas o malas, no los alimentos “*per se*” (Herron, 1991; Milner, 2000; Sloan, 2002; Moreau y Kamal-Eldin, 2009).

Los alimentos funcionales, podrían definirse como cualquier alimento natural o procesado, que, además de sus componentes nutritivos, contiene componentes

adicionales que favorecen la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona. La idea de los alimentos funcionales fue desarrollada en el Japón durante la década de los 80, en respuesta a la necesidad de reducir los altos costos de los seguros de salud, que aumentaron debido a la obligación de proveer cobertura a una población cada vez mayor en edad. En la actualidad, Japón es el único país que ha formulado un proceso regulatorio específico para la aprobación de los alimentos funcionales. Esta normativa es conocida como FOSHU (Food for specified health use) o “Alimentos para uso específico en la salud”. Todos los alimentos catalogados como FOSHU, llevan un sello de aprobación del Ministerio de Salud y Bienestar de Japón. En el mercado Japonés, existen numerosos productos con licencia FOSHU (Arai, 1996; Roberfroid, 2000), cantidad que se acrecienta en el tiempo.

De acuerdo a definiciones manejadas en Japón, los alimentos funcionales pueden clasificarse en tres categorías:

- Alimentos en base a ingredientes naturales.
- Alimentos que deben consumirse como parte de la dieta diaria.
- Alimentos que al consumirse cumplen un papel específico en las funciones del cuerpo humano, como:
 - Mejoramiento de los mecanismos de defensa biológica.
 - Prevención o recuperación de alguna enfermedad específica.
 - Control de las condiciones físicas y mentales.
 - Retardo en el proceso de envejecimiento.

En Europa (FUFOSSE), estos conceptos se incluyen, todos ellos, en las características necesarias para que un alimento sea considerado funcional.

En los Estados Unidos la categoría de alimentos funcionales no está legalmente reconocida. Sin embargo, existen organizaciones que han propuesto definiciones sobre esta nueva área de la Ciencia de los Alimentos. La División de Alimentos y Nutrición del Instituto de Medicina de EE.UU. definió a los alimentos funcionales como “cualquier alimento o ingrediente alimentario que pueda proporcionar beneficios a la salud además de los tradicionalmente nutricionales” (Meyer, 1998; Roberfroid, 2000).

El primer término que se usó para este tipo de alimentos en los Estados Unidos fue el de “alimentos diseñados” empleado para describir aquellos alimentos que contienen naturalmente o que son enriquecidos con componentes químicos, biológicamente activos pero no nutritivos, provenientes de las plantas (Fitoquímicos), efectivos en la reducción de los riesgos de cáncer (Meyer, 1998, Simopoulos, 2004). Con el paso del tiempo, se han creado otros términos para caracterizar los “alimentos funcionales” (Martín-Hernández y Cámara, 2000) como: fármaco-alimentos, fitoalimentos, alimentos terapéuticos, alimentos con valor agregado, prebióticos y probióticos, etc.

Existen muchos factores que han contribuido a la actual revolución dietética y al interés creciente por los “alimentos funcionales”. Entre ellos, se encuentra la numerosa evidencia acumulada acerca del papel vital de los diversos factores nutricionales en el mantenimiento de la salud y en el desencadenamiento de diversas enfermedades no transmisibles.

El papel que juega la dieta en la manifestación de las principales causas de muerte que son comunes a muchos países del mundo occidental incluyen: enfermedades cardiovasculares, cáncer, En otras enfermedades, aunque no necesariamente fatales, también influye una dieta inadecuada y causan problemas físicos y fisiológicos a la persona que las sufre, como son la hipertensión, la osteoporosis; la obesidad. Se estima que el consumo de dietas con alto contenido de productos de origen vegetal (frutas, verduras, cereales y leguminosas) constituyen un medio de protección contra enfermedades crónicas, especialmente el cáncer; en cambio, las personas que tienen un bajo nivel de consumo de frutas y verduras, tienen el doble del nivel de riesgo para desarrollar este tipo de enfermedad (Hasler, 1998; Bowman y Russel, 2003).

Entre las áreas prioritarias de investigación para el desarrollo de alimentos funcionales se pueden señalar las siguientes: identificación de nuevas fuentes de compuestos bioactivos, medios para mejorar estas fuentes y caracterizar los ingredientes activos, métodos para refinarlos y purificarlos, la determinación de la naturaleza y del tipo de las interacciones entre los nutrientes y los componentes no nutritivos de los alimentos y el organismo humano, a fin de establecer su valor

nutricional; estudio del mercado mundial para alimentos funcionales y del impacto económico de los productos que se desarrollen a futuro en función del consumidor, estudio de las tecnologías para la preservación de los componentes funcionales de los alimentos y su aceptabilidad por el consumidor, desarrollo de tecnologías nuevas y avanzadas para la caracterización científica de la interrelación entre componentes funcionales y las enfermedades no transmisibles y el mecanismo de acción de esos componentes en los procesos patológicos, estudio de los límites impuestos por los conceptos científicos y por las regulaciones (Mazza, 1998; Pszczola, 2000; Roberfroid, 2000; Francisco y Resurrección, 2008; Moreau y Kamal-Eldin, 2009).

En el caso de Europa, en 1999, se formó la Comisión Europea para la Acción Conjunta sobre Alimentos Funcionales y Ciencia de Alimentos, denominada por la sigla FUFOSE (Consensus Document, Scientific Concepts of Functional Foods in Europe, 1999; Roberfroid, 2000). Sus objetivos están dirigidos principalmente a confirmar las bases científicas que proporcionen evidencia que nutrientes específicos o componentes de los alimentos afectan positivamente funciones claves en el organismo humano, a examinar los conocimientos científicos desde el punto de vista de una función en el organismo, alcanzar consenso en modificaciones específicas de los alimentos y constituyentes de los alimentos y las opciones de su aplicación.

Se seleccionaron seis áreas principales de fisiología humana en las que pueden utilizarse o aplicarse alimentos funcionales, que fueron las siguientes: Crecimiento, desarrollo y diferenciación, una aproximación a la ciencia de alimentos funcionales. Ciencia de los alimentos funcionales y metabolismo de sustratos. Defensa contra las especies reactivas al oxígeno. Sistema cardiovascular. Fisiología y función gastrointestinal. Comportamiento y funciones psicológicas.

Se han abierto nuevos conceptos en relación a la nutrición tradicional, cuya base era que la dieta aportaba los nutrientes necesarios para que se alcanzaran los requerimientos metabólicos del individuo, por un concepto de nutrición óptima, en que la dieta, además debe jugar un papel importante en reducir el riesgo de una enfermedad. El cambio de estos conceptos tiene especial importancia para reducir los costos de salud y días de trabajo perdidos por enfermedad, en el continuo aumento de

la expectativa de vida, y por consiguiente aumento de personas de la tercera edad, y responder al deseo de las personas de mejorar su calidad de vida.

En relación a lípidos y “alimentos funcionales”, se establecen diferentes opciones: en crecimiento, desarrollo y diferenciación que se relaciona con la embarazada, el feto, el recién nacido, la lactancia, la leche materna es efectivamente un alimento funcional, por lo tanto, las opciones de las fórmulas infantiles para ser consideradas “alimentos funcionales” están abiertas.

Enfermedades crónicas no transmisibles, dentro de las cuales son de especial relevancia las enfermedades cardiovasculares, los desbalances en las lipoproteínas plasmáticas, la diabetes tipo II, el cáncer, las enfermedades de tipo inflamatorio e inmunológicas, el síndrome metabólico asociado a la obesidad. En todas ellas, intervienen las grasas, por lo tanto, hay muchas opciones disponibles para el desarrollo de “alimentos funcionales” que aporten un componente que tienda a mejorar la enfermedad específica o a prevenirla.

En este aspecto, el empleo de los antioxidantes naturales tanto liposolubles como vitamina E, pigmentos carotenoides e hidrosolubles como vitamina C, ácidos fenólicos, flavonoides, etc, abren diversas oportunidades para la formulación de “alimentos funcionales”, lo cual requiere una cuidadosa evaluación biológica de sus efectos saludables. Las grasas también intervienen en la generación de especies reactivas al oxígeno conocidas como ROS, que presentan actividad oxidante o pro-oxidante. Los ROS pueden dañar el ADN, lípidos estructurales, proteínas, que a su vez pueden estar involucradas en la iniciación y progresión de enfermedades no transmisibles. Todos estos son campos disponibles para el desarrollo de “alimentos funcionales” específicos para tratar o impedir el inicio de estas enfermedades (Consensus Document, Scientific Concepts of Functional Foods in Europe, 1999, Roberfroid, 2000).

Existen alimentos que integralmente presentan ventajas para la salud; por ejemplo, avena o cebada que contienen beta-glucanos; los bulbos de la cebolla contienen alta concentración de fructanos, entre cuyos beneficios se señalan la proliferación de bifidobacterias y la reducción de la concentración de bacterias dañinas

en el colon; las plantas del género *Allium* se utilizan en medicina tradicional y popular, como anticancerígenas, siendo el ajo el más empleado; su efecto se atribuye a la interacción de los componentes azufrados del ajo con el metabolismo de las células tumorales (Torija *et al.*, 2011).

Entre los alimentos procesados o modificados, se encuentran algunos derivados lácteos como yogur y kumis, consumidos en Europa, Asia y África durante muchas generaciones. Se consideran probióticos, ya que contienen microorganismos vivos que mejoran el equilibrio microbiano en el intestino humano y animal (Ferrer y Dalmau, 2001).

Por otra parte, están los alimentos enriquecidos en antioxidantes; en ácidos grasos n-3; en fitoesteroles, alimentos que contienen ingredientes especialmente diseñados como los reemplazantes de grasas, alimentos novedosos con una alta actividad biológica y producidos biotecnológicamente; ingredientes alimentarios que proporcionan beneficios a la salud y pueden usarse como suplementos con otros alimentos (Simopoulos, 1981; Hasler, 1998; Simopoulos, 2004; Simopoulos, 2006).

No obstante las definiciones y conceptos señalados, éste es un tema que está en constante revisión. ¿Convergerán finalmente ambas corrientes, el desarrollo tecnológico y la dieta saludable? ¿Se logrará que el hombre siga disfrutando de una alimentación que aporte todos los componentes que su organismo necesita, en calidad y cantidad adecuadas, que le permita mantener una alta calidad de vida a través de los años que actualmente supera los 75? Las respuestas las tendremos en los próximos años de este nuevo siglo.

1.2.2. Componentes bioactivos como posibles ingredientes para “alimentos funcionales” y sus fuentes naturales

Las fuentes de componentes bioactivos se encuentran ampliamente distribuidas en el reino vegetal, pero también contribuye el reino animal.

De origen vegetal se dispone de la fibra dietética que se adiciona a un gran número de alimentos, el almidón no digerible en algunos panes, la inulina y

fructooligosacáridos de achicoria, los fitoestrógenos y lignanos de la soja, los polifenoles del té y vinos, los fitosteroles de la soja o de “tall oil” en margarinas y leches, los tocoles de algunos aceites, los aceites que contienen porcentajes importantes de ácidos grasos n-3 tales como canola, linaza, cáñamo, chía, los aceites que contienen en alto porcentaje ácidos grasos n-6, como maíz, girasol, cártamo y pepita de uva, los aceites que contienen principalmente ácidos grasos monoinsaturados n-9 tales como oliva y palta, los pigmentos carotenoides como β -caroteno presente en aceite de palma, el licopeno en la pulpa y en el aceite de rosa mosqueta, las antocianinas en bayas, los extractos de hierbas con alto contenido de antioxidantes como el romero, los limonoides presentes en frutas cítricas, los compuestos azufrados del ajo y cebolla, la proteína de soja, vitaminas como folatos. (Awad y Fink, 2000; Basu *et al.*, 2001; Anderson *et al.*, 2004; Simopoulos 2004; Simopoulos, 2006, Torija, 2011).

De origen animal, están los aceites que contienen ácidos grasos n-3 como los de pescado y microalgas (Guil-Guerrero *et al.*, 2000), algunas proteína con propiedades antibacterianas como la lisozima, las enzimas lactoperoxidasa y lactoferrina, los péptidos bioactivos de la leche, el ácido linoleico conjugado (CLA) en quesos, el calcio y el fósforo en la leche y minerales como zinc, la vitamina B 12 (Bang y Dyerberg, 1972; Herron, 1991; Ackman, 1988; Recio y López, 2005; Torres-Llánez *et al.*, 2005; Ackman, 2008a; Aleixandre *et al.*, 2008).

Los desafíos que deberán enfrentar los Investigadores, los Tecnólogos y los Ingenieros en Alimentos se relacionan con el desarrollo y elaboración de los “Alimentos Funcionales”, establecer las especificaciones para los componentes activos individuales y aplicar estos componentes activos en productos que sean aceptables y seguros para el consumidor (Sloan, 2002).

1.3. Lípidos y Salud

Los lípidos constituyen un grupo heterogéneo de moléculas orgánicas insolubles en agua (hidrófobas) que generalmente se extraen de los tejidos vegetales o animales con solventes apolares. Por su insolubilidad en agua, los lípidos normalmente se encuentran distribuidos en compartimientos, como los que constituyen la membrana celular, como gotas de triglicéridos en los adipocitos o asociados a proteínas para su transporte en el plasma. Los lípidos son una fuente de primer orden de energía para el organismo humano; ofrecen además, una barrera hidrófoba que les permite distribuir el contenido acuoso de las células y los elementos subcelulares, se comportan además como barrera térmica y de amortiguación de traumas externos (Gunstone *et al.*, 2007).

1.3.1. Principales hitos en el conocimiento de las grasas

Las grasas siguen estando en primera línea dentro de los temas de mayor relevancia en la investigación científica, debido a su discutido rol como agente involucrado en diferentes eventos fisiológicos, tanto favorables como desfavorables para el organismo humano (Burlingame *et al.*, 2009).

De ser consideradas como fuente concentrada de energía, en el año 1929, pasaron a ocupar un papel relevante al demostrarse, en animales de experimentación, que las materias grasas contenían componentes esenciales para el organismo humano (Burr y Burr, 1929; Burr y Burr, 1930). Se identificaron como tal los ácidos grasos linoleico y araquidónico y con ciertas reservas el ácido α -linolénico, cuya esencialidad se demostró posteriormente.

De estos hallazgos, surgió toda una corriente de investigaciones para establecer requerimientos, funciones fisiológicas y con el correr de los años, se produjeron cuadros clínicos de deficiencia de ácidos grasos esenciales en seres humanos, especialmente en el área pediátrica, cuando se alimentaron lactantes con fórmulas muy pobres en grasas, apareciendo los síntomas característicos de la deficiencia: piel seca, escamosa e irritabilidad (Paulsrud *et al.*, 1972).

Otro factor que influyó en la aparición de síntomas de deficiencia de ácidos grasos esenciales en seres humanos, fue el avance en la terapéutica clínica, que permitió la alimentación parenteral, basada en soluciones de aminoácidos y glucosa por plazos prolongados, en el caso de enfermos intervenidos quirúrgicamente, los cuales estaban imposibilitados de alimentarse por vía enteral. Al agotarse las reservas propias del organismo en los ácidos grasos esenciales, se presentaron los síntomas de la deficiencia, lo que obligó a diferentes laboratorios farmacéuticos a desarrollar formulaciones lipídicas, algunas de ellas en base a aceite de maíz, para alimentación parenteral. Los niños de corta edad, por razones obvias, fueron los más propensos a presentar los cuadros de deficiencia, comprobándose los que se habían descrito en animales de experimentación (Paulsrud *et al.*, 1972).

La deficiencia se comprobó haciendo un estudio del perfil de ácidos grasos del plasma, donde, en caso positivo, se producía un aumento del ácido eicosatrienoico 20:3n-9 sintetizado a partir del ácido oleico, 18:1n-9, perteneciente a dicha familia no esencial y disminuía el ácido araquidónico 20:4n-6, por deficiencia de su precursor el ácido linoleico 18:2n-6, esencial; en la práctica, aumentaba el índice trieno/tetraeno. Esta fue la herramienta analítica que se empleó en aquella época para confirmar el diagnóstico, e iniciar el tratamiento de recuperación de los enfermos con síntomas de deficiencia (Paulsrud *et al.*, 1972).

Debe señalarse que en esa época se diferenciaron tres familias de ácidos grasos, ω -6 o n-6, ω 3 o n-3 y ω 9 o n-9, teniendo las dos primeras como cabezas de serie, los ácidos grasos reconocidos como esenciales: el ácido linoleico 18:2n-6 (LA) y el ácido α -linolénico 18:3n-3 (ALA). El ácido oleico 18:1n-9 no es esencial, posteriormente se incorporó la familia del ácido palmitoleico 16:1n-7 que tampoco es esencial (Jones, 1974; Holman, 1978).

El ácido linoleico se consideró por mucho tiempo como el más importante, ya que el organismo humano puede, a partir de él, sintetizar el ácido araquidónico. Además, los síntomas de deficiencia relacionados con las alteraciones cutáneas se corregían con la aplicación tópica de aceites ricos en ácido linoleico. Por otra parte, las cantidades habituales de ácido α -linolénico en la dieta occidental son bajas y se dudó de su esencialidad, la que se demostró posteriormente (Vergroesen y

Gottenbos, 1975; Holman, 1978; Holman, 1982; Holman, 1998). Actualmente, hay acuerdo en que los ácidos grasos esenciales son dos, ya que existen numerosas condiciones fisiológicas que requieren derivados de mayor longitud de cadena tanto de la familia n-6, como n-3 (FAO, 2008; Barceló-Coblijn y Murphy, 2009).

Un nuevo impacto quedó de manifiesto a partir de la década de los 60 y años posteriores en relación a los efectos fisiológicos de las grasas, cuando se demostró que a partir de los ácidos grasos esenciales ya nombrados y especialmente del ácido araquidónico 20:4n-6, metabolito de origen animal del ácido linoleico 18:2n-6 y del EPA 20:5n-3, metabolito del ácido α -linolénico 18:3n-3, ambos con 20 carbonos, se sintetizaban en distintos sitios del organismo animal, sustancias parecidas a las hormonas que cumplían roles fisiológicos importantísimos y específicos. Se las denominó prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos, leucotrienos, a medida que se fueron determinando sus estructuras y funciones, hay una tendencia actual a englobarlos con la designación genérica de eicosanoides, por los veinte átomos que tienen sus estructuras (Kunau y Holman, 1977; Fisher, 1989; Smith, 1991). La Figura Int-2 muestra las fuentes y conversión metabólica de los ácidos grasos esenciales en seres humanos.

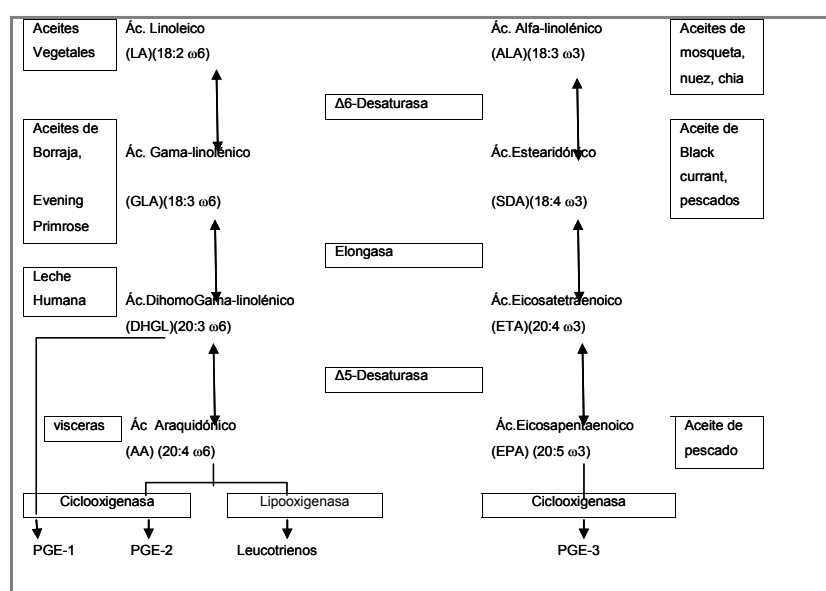


Figura Int-2. Fuentes y conversión metabólica de los ácidos grasos esenciales en seres humanos

PG (Prostaglandina) Fuente: Adaptada de Moreau y Kamal-Eldin, 2009

Las recomendaciones actuales son rebajar las ingestas de ácido linoleico, para reducir la formación de ácido araquidónico que da origen a eicosanoides de carácter inflamatorio y aumentar la ingesta de ácidos grasos omega-3, como ácido linolénico o preformados como EPA y DHA por la formación de eicosenoides fisiológicamente antagónicos a los formados del ácido araquidónico, además de los docosanoides formados del DHA (Simopoulus, 2004). En la Figura Int-3 se representan los efectos del consumo de dietas ricas en ácidos grasos n-6 en relación a dietas ricas en ácidos grasos n-3. Con estos hallazgos, nuevamente se desencadenó toda una serie de investigaciones de la más alta relevancia bioquímica, porque la intervención de estos compuestos en distintos niveles de nuestra organización celular, los ha relacionado con importantes eventos fisiológicos, como trombosis, artritis y otros procesos inflamatorios, oxidativos, cáncer, etc. (Carrol y Khor, 1971; Morrow *et al.*, 1999; Kushi y Giovannucci, 2002; Serhan *et al.*, 2002; Calder, 2006; Sanders, 2009; Bazán, 2008).

Consecuencias fisiológicas de consumir una dieta rica en ácidos grasos n-6	Consecuencias fisiológicas de consumir una dieta rica en ácidos grasos n-3
↑Relación n-6/n-3 en los fosfolípidos en la membrana celular	↓Ácidos grasos n-6 en la membrana celular
↑Producción de ácido araquidónico (AA)	↓Relación n-6/n-3 de fosfolípidos en la membrana celular
↑Liberación de eicosanoides pro-inflamatorios derivados del AA	↓Niveles de eicosanoides y citoquinas proinflamatorias
↑ Producción de citoquinas pro-inflamatorias	↓Agregación plaquetaria
↑ Activación de genes pro-inflamatorios	↓Activación de genes pro-inflamatorios
↑Marcadores de inflamación como la Proteína C-reactiva	↓Marcadores de inflamación como la Proteína C-reactiva
↑Viscosidad de la sangre	↑Producción de interleuquina 10, una citoquina anti-inflamatoria
↑Contracción de vasos sanguíneos	
↑Modificación oxidativa de la LDL-colesterol	
↓	↓
Aumento del riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles	Disminución del riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles

Figura Int-3. Comparación entre el consumo de dietas altas en ácidos grasos n-6 vs altas en ácidos grasos n-3 en relación a riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles

Fuentes: adaptadas de Gebauer, et al., 2006; Simopoulos, 2006, Hall III, et al, 2009

Por este mismo período, años 1955-1965, hicieron su aparición los trabajos que correlacionaron la cantidad y tipos de ácidos grasos (largo de cadena, saturación e

insaturación), presentes en los triglicéridos dietarios, con la cantidad de colesterol de la dieta y los niveles de lípidos sanguíneos, principalmente colesterol total, las lipoproteínas que lo transportan, principalmente LDL y HDL y sus relaciones con colesterol total, triglicéridos, sin dejar de señalar que factores intrínsecos, probablemente genéticos, también participan activamente en la regulación de estos niveles. Las principales conclusiones fueron: aumentar el aporte de ácidos grasos poliinsaturados por la dieta, principalmente ácido linoleico a través del consumo de aceites vegetales altamente poliinsaturados, para disminuir el colesterol sanguíneo, disminuir el consumo de ácidos grasos saturados con largos de cadena superior a diez, presentes en grasas animales, que elevaban el nivel de colesterol.

Los ácidos grasos monoinsaturados tenían un comportamiento neutro; su adición o retirada de la dieta no tenía efecto sobre el nivel de colesterol sérico. Incluso, se desarrollaron ecuaciones para calcular el cambio del colesterol sérico, en relación al contenido dietario de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados (Hegsted *et al.*, 1965; Keys *et al.*, 1965; Beer *et al.*, 2003). En resumen, se podría decir que algunas materias grasas cayeron en desgracia, como la mantequilla, las materias grasas de origen animal y empezó la "época de oro" para los aceites vegetales, principalmente ricos en ácido linoleico y normalmente con muy bajo contenido de ácido linolénico, como los aceites de maíz, girasol, cártamo, pasando a segundo plano los aceites vegetales ricos en ácido oleico y con contenido medio de ácido linoleico, como el tradicional aceite de oliva (Masson y Mella, 1985).

A partir de esa época, la investigación básica, clínica y dietética, sobre la relación en cantidad y calidad de la materia grasa de la dieta (relación entre ácidos grasos saturados, monoinsaturados poliinsaturados n-6 y n-3), colesterol, aterosclerosis y enfermedad coronaria generó múltiples publicaciones y revisiones incluyendo su metabolismo, bioconversión a los ácidos grasos de cadena larga, que han llevado actualmente a reconsiderar algunas de estas recomendaciones (Sinclair, 1993; Hu *et al.* 2001; Lands, 2003; WHO, 2003; Burdge, 2004; Simopoulos, 2004; Mozaffarian, 2005; Lands, 2005; FAO, 2008; Lands, 2008).

Una respuesta tecnológica de esa época a esta recomendación de disminuir el consumo de grasas animales y mantequilla, por su alto contenido de ácidos grasos

saturados, fue el desarrollo de la hidrogenación selectiva de aceites vegetales y marinos, para obtener grasas sólidas insaturadas, induciendo la generación de ácidos grasos *trans*, principalmente ácido elaidico, que es el isómero *trans* del ácido oleico. Así, surgieron las margarinas en reemplazo de la mantequilla y los “shorterings” o mantecas hidrogenadas, en reemplazo de la manteca de cerdo y la grasa de vacuno (Gunstone, 2007). Las margarinas vegetales, que se consideraron que no tenían colesterol y adicionadas de aceites poliinsaturados, irrumpieron con gran éxito en el mercado, desplazando el consumo tradicional de la mantequilla, siendo tal vez uno de los primeros alimentos funcionales (Carpenter y Slover, 1973).

Sin embargo, algunos autores se preocuparon por los efectos biológicos que pudiera tener en el organismo la incorporación masiva de ácidos grasos insaturados con configuración *trans*, componentes no habituales en altos porcentajes en las materias grasas comestibles, a través del consumo de margarinas y mantecas parcialmente hidrogenadas, tanto de origen vegetal como marino (Almendingen *et al.*, 1995; Nishida y Uauy, 2009).

La presencia de AG*trans* en la dieta en porcentajes bajos, entre 2 y 7%, antes de que el proceso de hidrogenación de materias grasas se convirtiera en una importante actividad económica e industrial, provenía sólo de la materia grasa de rumiantes, contenida en leches de vaca, oveja, cabra y sus derivados y en carnes de estos mismos animales, que los producen naturalmente en bajos porcentajes, 2-4%, por biohidrogenación en el rumen, originando incluso ácidos grasos isoméricos conjugados del ácido linoleico 18:2n-6 denominados CLA, que cumplen funciones fisiológicas importantes en el organismo humano.

Las recomendaciones actuales de reducir el contenido de isómeros *trans* en los alimentos grasos, e incluso de declararlos en el etiquetado nutricional, separados de los ácidos grasos saturados, se debe a que este cambio en la configuración química tiene implicancias fisiológicas. Se ha señalado que el ácido elaidico (18:1, 9t), isómero *trans* del ácido oleico (18:1, 9c), que estaba presente en porcentajes importantes, entre 15 y 45%, en las materias grasas parcialmente hidrogenadas (base para la elaboración de margarinas, mantecas o “shorterings”, coberturas, rellenos, masas de hojaldre, etc.), cuyo punto de fusión se eleva sobre 40°C, tenía un comportamiento

fisiológico similar al de un ácido graso saturado, en relación a su influencia en los niveles séricos de colesterol, actuando como hipercolesterolémico (Mensink y Katan, 1990; Lichtenstein, 1997; Mozzaffarian y Willet, 2007; Nishida y Uauy, 2009; Brower, *et al.*, 2010). De aquí la justificación de su actual regulación y el desarrollo de importantes cambios en los procesos tecnológicos actuales en la elaboración de margarinas cero *trans* que son ya una realidad comercial. El Ministerio de Salud de Chile, MINSAL, además de la obligación de declarar en el rotulado nutricional el contenido de AG*trans* por 100 g de alimento y por porción de consumo, ha regulado el porcentaje de AG*trans* de origen industrial en un máximo de 2% en las materias grasas comestibles (MINSAL, 2009) y los expertos consultores de FAO (FAO, 2008) recomiendan que el consumo de AG*trans* para adultos, no supere el 1% de la ingesta calórica diaria, lo cual tomando como base 2000 kcal, representa 2,2 g diarios.

Otro hito en el tema de materias grasas y salud, son los ácidos grasos n-3 de cadena larga, principalmente EPA y DHA. En la década de los 70 surgieron los aceites de origen marino, que ya se habían señalados como agentes hipocolesterolémicos, pero que no se consideraron mayormente, hasta que Bang y Dyerberg (1972), publicaron sus hallazgos en la población esquimal de Groenlandia, que tenían un alto consumo de materia grasa, alrededor del 40% de las calorías totales; sin embargo, no presentaban alta incidencia de muertes por infarto de miocardio, más bien tenían frecuentes accidentes por hemorragias. Sus niveles séricos de colesterol, de LDL y HDL eran más equilibrados que los encontrados en la población danesa, sumándose a esto un consumo de colesterol dietario de algo más del doble de la recomendación de 300 mg diarios. La explicación se buscó en la calidad de la grasa dietaria, ya que no se comprobó que esta situación se debiera a un factor genético determinante. Efectivamente, el origen de la materia grasa era casi exclusivamente marino, que se diferencia sustancialmente de la composición de las materias grasas vegetales y de animales terrestres, por tener un predominio de ácidos grasos de la familia n-3, siendo los más importantes el ácido eicosapentaenoico 20:5n-3 (EPA) y el docosahexaenoico 22:6n-3 (DHA); además contienen ácido araquidónico 20:4n6 (AA) de la familia n-6, ácido estearidónico 18:4n-3 (Masson y Mella, 1985; Rincón-Cervera *et al.*, 2009).

Nuevamente, la literatura científica se vió enfrentada a la publicación de numerosos trabajos de investigación sobre el tema, que evaluaron la real incidencia

del consumo permanente de materias grasas de origen marino y su contribución en la prevención de las enfermedades cardiovasculares y la aterogénesis (Phillipson *et al.*, 1985; Masson *et al.*, 1990; Davglius *et al.*, 1997; Stujbosch *et al.*, 2008), llegando la “edad de oro” para los aceites marinos, que aún se mantiene. La recomendación difundida a la población general de consumir pescados, especialmente grasos, al menos dos veces por semana, es una consecuencia de los resultados de esas investigaciones (Ackman, 2008a).

El EPA pasó a ocupar el centro de las trabajos de investigación, demostrándose que daba origen a prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos, algunos antagónicos a los producidos a partir del ácido araquidónico, contribuyendo, entre otros efectos, a regular la función plaquetaria y generándose la explicación de por qué los esquimales incluso morían por accidentes hemorrágicos (Fischer, 1989). Se ha demostrado posteriormente que los ácidos grasos n-3 de cadena larga como EPA 20:5n-3 y DHA 22:6n-3 son fundamentales para el ser humano, al intervenir en una serie de procesos fisiológicos de alta relevancia que redundan en un buen funcionamiento de nuestro organismo en general (Salem *et al.*, 1996; Emken, 2001; Gissi, 2008).

El DHA también cobró un rol protagónico por ser el ácido graso más importante de los lípidos del cerebro y por su función fisiológica fundamental en retina y otros órganos como glándulas seminales (Neuringer, 1988; Uauy *et al.*, 1992). En niños prematuros de muy bajo peso se han detectado alteraciones de la retina que se revierten al suplementar su dieta con DHA. Esto ha llevado a discutir la esencialidad de los ácidos grasos de más de 18 átomos de carbono en determinadas situaciones fisiológicas y patológicas que afectan al organismo humano (Carlson *et al.*, 1986; Sinclair *et al.*, 2000; Uauy *et al.*, 2000). Su aporte a través de la dieta es importantísimo (Brenna *et al.*, 2009). El traspaso del DHA al feto y al lactante a través de la placenta y la leche materna respectivamente, es un tema de actualidad. El enriquecimiento de las fórmulas lácteas con DHA y de otros alimentos con EPA y DHA, que actualmente se catalogan como “alimentos funcionales”, es una realidad. El ácido docosapentaenoico DPA tanto n-6 como n3, también son motivo de estudios bioquímicos (Simopoulos, 2008).

El incentivar el consumo de pescados, especialmente los grasos por ser excelentes fuentes de ácidos grasos n-3, de acuerdo a las disponibilidades de las producciones propias de cada país como: sardina, jurel, anchoveta, cojinoba, mero, salmón, trucha, debe ser una recomendación incorporada en las políticas de salud de todos los países (Sánchez *et al.*, 1991-1992; Romero *et al.*, 1996). Actualmente se han desarrollado concentrados, alimentos funcionales y lípidos estructurados basados en EPA y DHA (Villeneuve *et al.*, 2000).

Diversas Sociedades Cardiológicas de Estados Unidos y Europa consideran en sus recomendaciones el consumo de los dos ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga n-3, EPA y DHA, en la prevención de complicaciones cardiovasculares. Se comprobó clínicamente que la ingesta de 2 g de EPA más 1 g de DHA por día, en pacientes cardiopatas coronarios, disminuyó significativamente los triglicéridos plasmáticos, con tendencia a disminuir la LDL-colesterol (Masson *et al.*, 1990). Además, se recomienda su consumo como tratamiento permanente en personas que han sufrido infarto al miocardio y en la prevención de la muerte súbita por accidentes cardiovasculares. Estas aseveraciones se basan en estudios recientes que atribuyen al DHA un rol fisiológico antiinflamatorio y antiarrítmico, por la formación de las resolvinas y protectinas (Serhan *et al.*, 2002; FAO, 2008).

Otro tema que surgió en la década de los 70, fueron las evidencias científicas en el sentido de que el ácido erúico 22:1n-9, componente principal de los aceites de crucíferas de la época, especialmente el aceite de colza de alto consumo mundial, provocaba una lipidosis en el tejido cardíaco y algunas alteraciones en diversos órganos en diferentes especies de animales de experimentación. Surgió la recomendación de que los aceites de colza para consumo humano debían ser cero erúico, lo que se logró rápidamente por los países productores, especialmente Canadá, que desarrolló este nuevo aceite conocido comercialmente como aceite de Canola que es preferentemente monoinsaturado, siendo el mayoritario el ácido oleico, 65%, seguido por el ácido linoleico del orden del 20% y linolénico 8%, es muy bajo en ácidos grasos saturados del orden del 2% (Masson y Mella, 1985). Esta variedad de aceite de colza cero erúico es la que se impuso en todos los mercados y se cultiva industrialmente en Chile en la Región de Los Lagos, en Argentina y en Brasil.

La controversia sobre la incidencia de la cantidad y calidad de la materia grasa que consume la población de los diferentes países sigue siendo un tema de debate a nivel científico, tecnológico y regulatorio. En los países occidentales desarrollados, las muertes por accidentes cardiovasculares han ocupado y siguen ocupando el primer lugar, con una tendencia a una disminución del porcentaje de incidencia. Esto, probablemente, refleja los resultados de las amplias campañas educativas y de recomendaciones dietarias y hábitos de vida, ampliamente difundidas en sus respectivas poblaciones, lamentablemente, en los últimos años se ha incorporado el problema de la obesidad infantil y adulta, por exceso de consumo de grasas e hidratos de carbono por la población.

Los Expertos Consultores (FAO, 2008) después de un exhaustivo estudio y análisis de la literatura sobre todos estos temas de salud y nutrición en que están involucradas las grasas, su composición, relación n-6:n-3, su ingesta, la disponibilidad mundial, aspectos metabólicos, fisiológicos, incidencia o prevención de diversas enfermedades y trastornos metabólicos que actualmente aquejan a una parte importante de la población mundial, han propuesto en forma fundamentada sus recomendaciones de ingesta que se resumen más adelante.

Previamente, debemos comentar las indicaciones de dicho Grupo de Expertos en relación al agrupamiento de los ácidos grasos y establecen algunas aclaraciones.

Señalan las limitaciones del agrupamiento en ácidos grasos Saturados, Monoinsaturados y Poliinsaturados en relación a sus efectos en salud humana y en las recomendaciones dietarias. La mayoría de los estudios epidemiológicos los agrupa en esta forma y los asocia con diferentes efectos en la salud humana, pero esta es una clasificación química no biológica. Dentro de esta clasificación química tan amplia algunos ácidos grasos en particular, tienen efectos biológicos únicos en la salud humana. Tiene la gran limitación que la ingesta en ácidos grasos de cada población, país, continente, difiere y depende de los alimentos que consume y que representan su principal fuente de materias grasas. Se sabe, además, que cada tejido tiene su composición en ácidos grasos particular y cada clase de lípidos estructurales su distribución en ácidos grasos particular y que la dieta puede afectar estas relaciones. Estiman que la tarea diseñar recomendaciones más específicas en cuanto a ácidos

grasos individuales sería más fácil, si cada país tuviera una Base de Datos robusta en composición en ácidos grasos de las principales fuentes de materias grasas que componen su alimentación básica. La realidad es otra, pocos países disponen de esta información y se continúa empleando esta recomendación global química, que puede no ajustarse a la realidad de muchas poblaciones en el mundo.

Ácidos grasos Saturados, comprende 14:0, 16:0, 18:0, excepto cuando se trata de grasa de leche y de coco, en que el rango está entre 4:0 y 18:0. Monoinsaturados, se refiere principalmente a ácido oleico 9c-18:1. Poliinsaturados, se refiere principalmente a: ácidos Linoleico, α -Linolénico, Araquidónico, EPA, DPA, DHA.

Niveles y Fuerza de la Evidencia: Se aplicaron los siguientes niveles y fuerza de la evidencia disponibles, para emitir las conclusiones que la materia grasa total y ácidos grasos afectaban la salud humana: Convinciente, Probable, Posible, Insuficiente.

1.3.2. Recomendaciones Dietéticas

En el año 2008, el grupo de Expertos de FAO ya citado, acordaron que sólo se darían recomendaciones dietéticas cuando el nivel de la información disponible se consideró: Convinciente, Probable.

Resumen de las Recomendaciones: Grasa total, Requerimientos de ácidos para: Adultos, Infantes (0-24 meses), Niños y Jóvenes (2 a 18 años), Al corresponde a la Ingesta adecuada expresada como rango, AMDR es el Rango de distribución aceptable para macronutriente, UL es el Límite máximo.

Grasa total: Se mantiene la actual recomendación que el valor máximo de ingesta de grasa para todos los adultos está entre 30-35% de la Energía (E), el mínimo es 15% E y mínimo 20% para mujeres en edad reproductiva y para adultos con < 18,5 de índice de masa corporal.

- Ácidos grasos, las recomendaciones se basan en las evidencias en relación a niveles de colesterol total, LDL y HDL-colesterol plasmático.
- Ácidos grasos saturados 12:0, 14:0 y 16:0, máximo 10% E.

- Ácidos grasos monoinsaturados, principalmente 9c 18:1 se calcula por diferencia entre el % E total del consumo de grasa, menos el % E de los AGS, menos el % E de los PUFA - % E de los AG*trans*

Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI = PUFA)

Hay evidencia convincente que el Ácido Linoleico (LA) y el Ácido Linolénico (ALA) son indispensables ya que ellos no pueden sintetizarse por el ser humano.

- Hay evidencia posible que los PUFA afecten el riesgo de alteración de índices relacionados al síndrome metabólico.
- Hay evidencia posible de una relación entre ingesta de PUFA y reducción del riesgo de diabetes.
- Hay evidencia insuficiente para establecer cualquier relación entre consumo de PUFA y cáncer.
- Hay evidencia insuficiente para relacionar consumo de PUFA con peso corporal y porcentaje de adiposidad.

Los niveles de ingesta mínima de los ácidos grasos esenciales para prevenir síntomas de deficiencia se estiman que están en un nivel convincente de ingesta de: 2,5% Energía para ácido linoleico y 0,5% Energía para ácido alfa – linolénico.

En base a estudios epidemiológicos y ensayos controlados aleatorios de eventos de enfermedad cardiovascular (CHD), el mismo grupo de expertos dice lo siguiente:

- El valor mínimo de consumo de PUFA totales recomendado para bajar las concentraciones de LDL colesterol y colesterol total, aumentando la concentración de HDL colesterol y disminuir el riesgo de eventos CHD es de 6% Energía.
- En base a estudios experimentales el riesgo de peroxidación lipídica puede aumentar con consumos altos de PUFA (>11%E), particularmente cuando la ingesta de tocoferol es baja. Por esta razón el rango aceptable para los PUFA totales (Ácidos grasos n-6 y n-3) puede estar entre 6 y 11% E.

Ácidos grasos n-6 PUFA. Ácido Linoleico

La evidencia disponible indica que 1 - 2% E diaria debe proceder de ácido linoleico como prevención de síntomas de deficiencia.

Ácidos grasos n-3 PUFA

La evidencia disponible indica que 0,5 – 0,6% E diaria debe proceder de ácido α -linolénico como prevención de síntomas de deficiencia.

- La ingesta total de Ácidos grasos n-3 puede estar en el rango entre 0,5 – 2% Energía.
- Los ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga (LCPUFA) Ácido eicosapentaenoico (EPA) y Ácido docosapentaenoico (DHA) entre 0,250 g – 2,0 g /día pueden ser parte de una dieta saludable.
- El Ácido α -Linolénico puede tener propiedades individuales como tal.
- Hay evidencia de que los LCPUFA n-3 pueden contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares y posiblemente a la de otras enfermedades degenerativas de la edad.
- Para hombres adultos, mujeres adultas no embarazadas ni en lactancia, se recomienda 0,250 g de EPA + DHA por día.
- Hay insuficiente evidencia para recomendar una ingesta mínima individual de EPA o DHA, ambos deben ser consumidos.
- Para mujeres adultas embarazadas y en período de lactancia, la ingesta mínima para que tenga un efecto saludable en la mujer adulta y en el desarrollo fetal es de 0,3 g/día de EPA+DHA, de los cuales al menos 0,2 g/día deben ser de DHA.
- La U-AMDR (valor más alto aceptable de distribución de un macronutriente) de consumo de EPA+DHA se ha establecido en 2 g/día.
- Evidencias experimentales señalan que suplementos de altas ingestas de n-3 LCPUFA pueden aumentar la peroxidación lipídica y reducir la producción de citokinas.

- Los Expertos Consultores reconocen que ingestas más altas de 3 g/día reducen otros riesgos cardiovasculares y no se han detectado efectos adversos en estudios aleatorios de mediano y largo plazo.
- La FDA ha indicado “Considerado generalmente seguro” (GRAS) un valor de 3000 mg/día para LCPUFA n-3.

En el texto elaborado por los expertos se incorporan tablas con las recomendaciones de ingesta de ácidos grasos saturados y poliinsaturados en cuanto a % de energía para diferentes edades y estados fisiológicos especiales.

Relación n-6 a n-3

En base a la “evidencia” y limitaciones conceptuales, no es racional una recomendación específica para la relación n-6 a n-3, o LA a ALA, siempre que las ingestas de n-6 y de n-3 se encuentren dentro de las recomendaciones de este trabajo (FAO, 2008).

Estas recomendaciones deben aplicarse a la ingesta de aceites y grasas diarias, que normalmente van incorporados es una mezcla de triglicéridos en los alimentos en diferente cantidad y calidad nutricional y no como ácidos grasos individuales, lo cual puede dificultar su cálculo y aplicación y han motivado a los investigadores a la búsqueda de nuevas fuentes de aceites vegetales que cumplan con los requisitos de composición. Otros han recurrido a la modificación genética con el fin de disponer de nuevas fuentes de materias grasas que cumplan su rol funcional en el organismo humano.

1.3.3. Conversión de 18:2n-6 y 18:3n 3 en LCPUFAs en seres humanos

La dieta occidental es mayoritariamente alta en LA; hay preocupación a nivel de investigadores por este desbalance que biológicamente debe llevar a un aumento de AA en los tejidos lipídicos y una disminución de los AG n-3. El paso que inhibe el LA es la desaturación del 18:3n-3 para pasar a 18:4n-3 (Valenzuela *et al.*, 2012). A su vez el ALA inhibe el paso del 18:2n-6 a 18:3n-6. Relaciones alteradas entre estos dos AG

pueden modificar la composición en AG de diversos tejidos en seres humanos incluyendo tejido nervioso. La relación de sus metabolitos de cadena larga 20 y 22 C con tres o más insaturaciones n-6 y n-3 denominados LCPUFA, puede ser un importante mediador que afecte el desarrollo de las enfermedades asociadas a la dieta como las enfermedades cardiovasculares (Lanas, 2008).

La Figura Int-4 resume los pasos metabólicos de conversión a ácidos grasos de cadena larga de 20 y 22 carbonos y el sistema enzimático de la $\Delta 5$ y $\Delta 6$ desaturasas involucradas en estas elongaciones y que compiten por estos mismos sustratos.

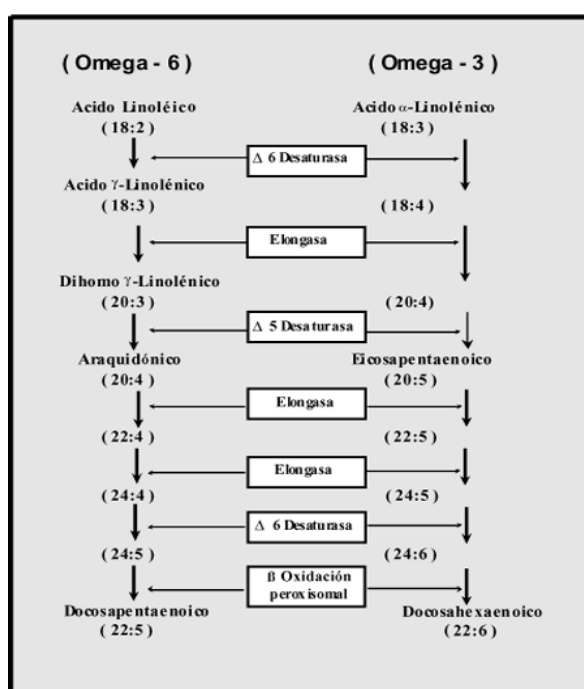


Figura Int-4. Etapas metabólicas de conversión del LA y ALA a LCPUFAs

Fuente Adaptado de Lands, 2003

Dada la importancia de este tema, pasamos a hacer algún comentario sobre grupos étnicos y dieta en base a los trabajos de Lands (2008). Este autor refiere que algunos grupos étnicos han mantenido sus tradiciones alimentarias por años, en cambio, en otros la influencia globalizadora actual los ha cambiado.

Este cambio se refleja en relaciones entre LCPUFAs n-6 y n-3 desfavorables fisiológicamente que se correlacionan, por ejemplo, con mayor incidencia de enfermedades cardiovasculares en poblaciones de japoneses de diferente edad,

adultos jóvenes y mayores. Los resultados indican que la dieta de los jóvenes se ha “occidentalizado”.

El estudio en jóvenes norteamericanos acusó alto % LCPUFAs n-6 y déficit de LCPUFAs n-3 situándose en la zona de alto riesgo. La recomendación que emerge de estos datos es: consuma más n-3 y reduzca el consumo de n-6 para prevenir trombosis, isquemia, arritmia que son causa de morbilidad y mortalidad. El % n-6 LCPUFAs en relación al % de n-3 LCPUFAs en plasma puede predecir mortalidad con un $r = 0.98$.

La competencia entre ambas familias n-3 y n-6, influye en la incorporación de estos ácidos grasos a los lípidos de los tejidos; por lo tanto, es importante conocer las cantidades de ambos ácidos grasos que están presentes como promedio en la dieta de una población o país en particular y calcular su relación, con el fin de tener la información más cercana a la realidad de esa población.

Esto implica disponer de una base de datos robusta, al menos en cada país, con la composición en ácidos grasos detallada de las principales materias grasas visibles y no visibles (incorporadas en los alimentos naturales o procesados) que contribuyen por lo menos al 90% del requerimiento energético promedio recomendado para el adulto (20 - 35% de la energía total). En algunos países hay información disponible, en otros medianamente disponible y en otros no existe.

Las recomendaciones de la literatura, sobre la relación que debe existir entre la ingesta diaria de 18:2n-6/18:3n-3 se mueven tanto en valores fijos 3:1; 5:1, 20:1 o en amplios rangos 6:1–10:1; 4:1 - 6:1; lo que para una determinada población o país, puede estar muy cerca, medianamente cerca o muy lejos de su realidad nutricional (Simopoulos, 2004).

1.3.4. Ácidos grasos individuales y lipoproteínas

Actualmente, la investigación se ha enfocado en determinar el efecto de cada ácido graso por separado, en el perfil lipídico del plasma. Una propuesta que considera el largo de cadena y el grado de insaturación de los AG y su influencia en los niveles plasmáticos de las lipoproteínas es la que desarrollaron Dubois *et al.* (2007).

Ácidos grasos saturados (AGS)

- AGS de cadena corta (menor de 12 átomos de carbono).

Estos AG no están presentes en cantidades significativas en los aceites vegetales de consumo habitual como girasol, maíz, soja, canola, por lo que su efecto en los lípidos plasmáticos no ha sido motivo de estudios sistemáticos. El organismo los utiliza rápidamente en la generación de energía, por lo que se estima que tendrían un efecto neutro en los niveles de LDL, HDL-colesterol y triglicéridos plasmáticos.

- AGS largo de cadena entre 12 y 14.

Los ácidos láurico (12:0) y mirístico (14:0) aumentan la LDL- colesterol. El ácido mirístico es más negativo que el ácido láurico, pero su posición en el triglicérido influye para causar este efecto. Estos AG no están presentes en cantidades significativas en los aceites vegetales de consumo habitual. Están presentes en las grasas láuricas como aceite de coco, de palmiste, que se emplean en productos de repostería de consumo más selectivo, también están presentes en la grasa de leche de rumiantes y materna.

AGS largo de cadena entre 16 y 24

- Ácido palmítico (16:0).

Su comportamiento en relación a los niveles de lípidos plasmáticos es controvertido; algunos estudios señalan que eleva el colesterol plasmático, y otros indican que tiene un efecto neutro relativo, por lo que existiría un umbral de ingesta de

colesterol dietario diario estimado en 400 mg por día, sobre el cual el ácido palmítico podría aumentar el nivel de colesterol plasmático, incluso mas que el ácido mirístico, por debajo de ese valor tendría un efecto neutro. Este ácido graso está siempre presente en todas las materias grasas, independientemente de su origen, es el principal en el aceite del fruto de la palma africana. Biológicamente es un ácido graso importante, pues es el inicial en la biosíntesis “de novo”. De él se derivan posteriormente los ácidos grasos saturados de cadena larga de importancia en membranas del sistema nervioso central.

- Ácido esteárico (18:0).

Está siempre presente en todas las materias grasas de origen vegetal, animal y marino, presente en un 30% en la manteca de cacao. No tiene efecto en los lípidos plasmáticos, se han propuesto dos mecanismos para explicar este resultado (Beer *et al.*, 2003).

- El punto de fusión del ácido esteárico es muy superior a la temperatura del cuerpo humano, es sólido a 37°C y lo más probable es que se elimine en alto porcentaje por las heces.
- La otra alternativa es que si se absorbe, puede ser desaturado rápidamente en el hígado generándose ácido oleico, por lo que su efecto pasaría desapercibido.
- AGS de Cadena Larga (20:0, 22:0 y 24:0). La cantidad en los aceites vegetales de consumo habitual es pequeña, 1-2%, por lo tanto, su contribución por la dieta es mínima. Su absorción en el epitelio intestinal es muy baja, debido a que su punto de fusión es muy alto, mayor que el del ácido esteárico. Esta es una de las razones por la cual el organismo animal por la “síntesis de novo” provee a las membranas del sistema nervioso central de los AGSCL de 22 y 24 carbonos, necesarios como aislantes en la estructura de la vaina de mielina. No se ha demostrado ningún efecto en los lípidos plasmáticos.

Ácidos Grasos Monoinsaturados (AGMI)

- Ácido oleico.

El principal AGMI es el ácido oleico 18:1n-9 que está presente en todas las materias grasas de cualquier origen; es el principal ácido graso monoinsaturado de la dieta, es el componente mayoritario 60-70 % en el aceite de oliva, girasol alto oleico, canola, palta o aguacate, papaya. Su efecto en los niveles de los lípidos plasmáticos se considera neutro cuando se compara con una dieta baja en grasa y alta en carbohidratos; en cambio, cuando se ha estudiado teniendo como control AGS se han obtenido efectos positivos en los lípidos plasmáticos. Es otro de los ácidos grasos importantes en los lípidos de las membranas del tejido nervioso humano y animal.

- AGMI con doble enlace *trans*.

La presencia en la dieta de estos AG 18:1 *trans*, isómeros del ácido oleico 18:1 9c, se forman en el proceso de hidrogenación parcial de aceites vegetales y marinos, que se empleó ampliamente años atrás, para producir materias grasas más saludables, en relación a las enfermedades cardiovasculares, en sustitución de la manteca. Se comprobó posteriormente que su efecto fisiológico a nivel de los lípidos plasmáticos, era igual o mayor que el presentaban algunos de los AGS ya comentados (Brower, *et al.* 2010), la recomendación actual es disminuir la ingesta de AG *trans* a un máximo del 1% de la ingesta calórica total que sobre la base de 2000 Kcal corresponde a 2g (Almendingen *et al.*, 1995; FAO, 2008).

Ácidos Grasos Poliinsaturados (AGPI)

Los efectos en los lípidos plasmáticos son diferentes según sea LA, ALA, EPA o DHA.

- AGPI largo de cadena mediana, 18 carbonos, Linoleico (LA) y Linolénico (ALA).

LA 18:2, 9c12c. Es el único que disminuye la LDL-colesterol, este efecto está condicionado a un umbral en relación a la cantidad de LA en la dieta. Si es inferior a un 17-20% (aprox.13 g) de la ingesta total de AG, el efecto es positivo, por encima de esta cantidad perdería su efecto. Por otra parte, se ha demostrado que un exceso de LA en la dieta, inhibe su propia conversión a sus metabolitos de cadena larga. El LA está presente en toda materia grasa de cualquier origen, son especialmente ricos el aceite de cártamo, girasol normal, pepita de uva, maíz, soja, algodón, en porcentajes entre 55- 80%.

ALA 18:3, 9c,12c;15c. Presenta un efecto neutro en los niveles de LDL-colesterol plasmático y no está clara su acción sobre los triglicéridos y la HDL-colesterol plasmática. Está presente en los aceites de consumo habitual soja, canola 8%, abundante en el aceite de algunas semillas como linaza (40%). Con el fin de de mejorar la relación n6/n3 de la dieta, se han buscado nuevas fuentes naturales de este ácido graso.

- AGPI de cadena larga, 20-22 carbonos (LCPUFAs).

EPA 20:5n-3 y DHA 22:6n-3. Numerosos estudios han demostrado que los LCPUFAs n-3 no tienen efectos sobre la LDL-colesterol; el EPA tiene un efecto positivo al reducir significativamente los triglicéridos plasmáticos entre un 10 - 30% y aumenta levemente la HDL-colesterol entre 5 – 15%, en dosis de EPA/DHA entre 0,7 -2 g/día (Masson *et al.*, 1990).

En base a estos efectos biológicos de los diferentes ácidos grasos individuales, los mismos autores (Dubois *et al.*, 2007), propusieron una clasificación nutricional de 80 aceites de consumo habitual y especiales, en función del tipo y contenido de los AG. Generó 3 clases: A- AGS; B- AGMI; C- AGPI. Dentro de cada clase establecieron varias sub-clases. Al final del estudio se incluyó la Clase D- Aceites de mejor perfil nutricional. Esta interesante clasificación la aplicaremos en nuestro estudio.

1.3.5. Oxidación de las materias grasas y antioxidantes naturales

La estabilidad oxidativa de las materias grasas es la resistencia a la oxidación tanto a nivel biológico como en el caso de los alimentos durante el procesamiento y el almacenamiento (Guillén y Cabo, 2002). La resistencia a la oxidación se puede expresar como el periodo de tiempo necesario para alcanzar el punto crítico del deterioro, que se traduce en un cambio sensorial o una brusca aceleración del proceso oxidativo. Es un indicador importante para determinar la calidad y la vida útil del alimento, pues durante la oxidación se producen compuestos de bajo peso molecular, que producen sabores y olores que hacen menos aceptable o inaceptable al aceite para quien lo consume y se producen compuestos tóxicos o polímeros oxidados que impiden su uso. La oxidación de las materias grasas es un factor muy importante en términos de sabor, calidad nutricional y toxicidad de los aceites comestibles (Choe y Min, 2006).

En la oxidación de las materias grasas influye la composición en ácidos grasos, el procesamiento, el calor, la luz, la concentración y tipo de oxígeno presente; la presencia de ácidos grasos libres, mono y diglicéridos, metales de transición, peróxidos, compuestos oxidados, pigmentos y antioxidantes. Estos factores afectan a la oxidación de forma interactiva, por lo que no es fácil diferenciar el efecto individual de cada factor (Choe y Min, 2006).

Los aceites más insaturados se oxidan más rápidamente que aquellos menos insaturados (Parker *et al.*, 2003). A medida que el grado de insaturación aumenta, la velocidad de formación y la cantidad de compuestos de oxidación primarios aumentan. El índice de autooxidación o de peróxidos depende en gran medida de la formación de ácidos grasos libres o de la formación de radicales alquil acilglicerol, los que, a su vez, dependen del tipo de ácido graso o triglicéridos presentes. Por ejemplo, el índice de autooxidación relativo entre el ácido oleico y los ácidos linoleico y linolénico se ha señalado entre 1:40 a 50:100 sobre la base de consumo de oxígeno (Choe y Min, 2006).

Frenkel (2007) ha descrito la “oxidabilidad teórica” en base a la fórmula matemática que considera el porcentaje de cada ácido graso insaturado multiplicado

por el número de grupos metilenos activos presentes en la cadena alifática (número de doble enlaces en la cadena menos uno) y la sumatoria final. A mayor valor de oxidabilidad teórica, mayor es el grado de susceptibilidad al deterioro oxidativo de los aceites.

Independientemente de las investigaciones que prosiguen a niveles cada vez más finos de las estructuras celulares y los sistemas enzimáticos involucrados, la atención ha surgido en el tema de los antioxidantes naturales especialmente tocoferoles, sus requerimientos y los fenómenos oxidativos (Harris y Embree, 1963; Alfin-Slater *et al.*, 1969a; Alfin-Slater *et al.*, 1969b; Slover, 1971; Choe y Min, 2006).

1.3.6. Principales fuentes alimentarias vegetales de ácido linoleico y α -linolénico

En la dieta occidental hay un predominio ácido linoleico sobre alfa linolénico. Se postula que los avances de la agricultura moderna han cambiado la composición de los ácidos grasos poliinsaturados que actualmente ingiere el ser humano, con un predominio del ácido linoleico 18:2n-6 sobre el linolénico 18:3n-3, lo cual fisiológicamente no se considera adecuado por las razones ya expuestas en esta presentación.

La producción mundial de aceites está basada principalmente en 4 cultivos oleaginosos. Corresponden a aceites de palma (*Elaeis guineensis*) preferentemente saturado, con 42% de ácido palmítico, 10% ácido linoleico; de soja (*Glycine max*), preferentemente poliinsaturado, con alto contenido de ácido linoleico (55%) y ácido linolénico (8%); canola (*Brassica spp.*), preferentemente monoinsaturado, siendo el ácido oleico el mayoritario (65%) con un contenido medio de ácido linoleico (20%) y ácido linolénico en un 8%; girasol (*Helianthus annuus*), preferentemente poliinsaturado, en que alrededor de un 65% corresponde a ácido linoleico. La composición más equilibrada de estos aceites corresponde al aceite de canola, sin embargo su consumo en el mundo occidental es limitado.

De esta información se desprende que hay un desacuerdo biológico entre los aceites producidos en gran escala en el mundo y los requerimientos fisiológicos del

hombre para mantener una buena salud, ya que una dieta equilibrada en LA y ALA, es indispensable para mantener un balance saludable de estos ácidos grasos y prevenir la aparición de enfermedades cardiovasculares y otras alteraciones fisiológicas ya comentadas.

Las recomendaciones internacionales señalan: Consuma semillas; nueces, que son buena fuente de ácidos grasos n-3, además de los aceites vegetales que lo contengan. Consuma pescados grasos: jurel, sardina, anchoas, cojinova, salmón, trucha, etc. al menos dos veces por semana. Las fuentes vegetales de aceites comestibles ricos en ácido α -linolénico 18:3n3 son muy amplias y variadas, pero normalmente no son parte importante de nuestra dieta. Por todo ello, la búsqueda de nuevas fuentes potenciales de aceites de composición en ácidos grasos más adecuadas nutricionalmente en semillas y frutos nativos de cada país es parte de los desafíos de esta época.

1.3.7. Tocolos

En estos últimos años, la investigación se ha centrado en el proceso oxidativo que afecta irreversiblemente a las materias grasas ya sea de los alimentos o a las que están presentes en nuestro organismo.

Existe gran preocupación por los efectos negativos para la estructura celular que tienen los radicales libres que se forman en el proceso oxidativo, los que a su vez generan hidroperóxidos altamente reactivos que se degradan formándose innumerables compuestos carbonílicos, que a su vez intervienen en otras reacciones como los fenómenos de pardeamiento no oxidativo, en el cual se afectan las proteínas. La oxidación “in vivo” de los lípidos estructurales se ha asociado a cambios de fluidez y permeabilidad de la membrana celular (Craig y Beeck, 1999; Tomasch *et al.*, 2001; Simopoulus, 2004).

El objetivo de la reacción antioxidante de los tocolos (Figura Int-5), no es el oxígeno; la base de su acción es interceptar el radical peróxido formado en el proceso de autooxidación, para que no se propague al resto de los ácidos grasos insaturados.

Los tocoles reaccionan con el radical peróxido de los ácidos grasos, que son los productos primarios de la peroxidación lipídica, interceptando la reacción en cadena.

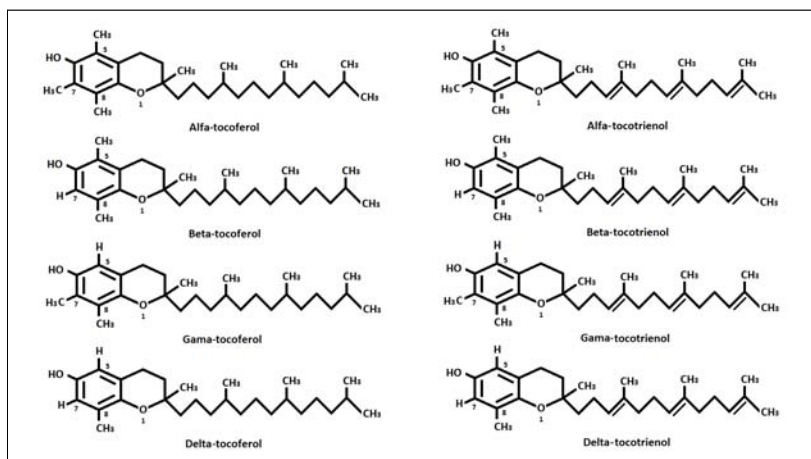


Figura Int-5. Estructuras químicas de tocoferoles y tocotrienoles, antioxidantes naturales

Lo que explica que los tocoferoles actúen como un antioxidante eficaz se basa en: que reaccionan con el radical peróxido extremadamente rápido, mucho más rápido que cualquier otra reacción; elimina el carácter de radical a los ácidos grasos y evita la reacción en cadena y en la reacción antioxidante, los tocoles se convierten en moléculas muy estables (Schneider, 2005). Esta acción antioxidante de los tocoles, presentes en las grasas de forma natural, que los protege de sufrir el proceso oxidativo, tiene gran relevancia para el ser humano, ya que el alfa-tocoferol corresponde a la vitamina E y por lo tanto es antioxidante natural también para nuestro organismo y es muy importante conocer las fuentes dietéticas de esta vitamina que justamente está presente, junto con sus homólogos químicos en toda grasa vegetal. Se han establecido requerimientos de vitamina E por las Organizaciones Internacionales y Nacionales de salud de cada país.

Aquí se presenta el interrogante: ¿Ha sido realmente saludable la recomendación de los últimos treinta años de consumir preferentemente aceites vegetales ricos en ácidos altamente poliinsaturados, que por estructura son mucho más susceptibles de sufrir el fenómeno oxidativo?

Como resultado, la investigación que está en pleno desarrollo, se ha focalizado en el estudio intensivo de los fenómenos oxidativos de los lípidos “in vivo”, así como

sobre su relación con generación de la aterosclerosis por oxidación de la LDL-colesterol y cáncer por la formación de radicales libres muy agresivos fisiológicamente. Además, se trabaja sobre su posible retardo a través de la ingesta de alimentos, principalmente semillas, frutas, verduras, especias, que naturalmente son fuentes importantes de diversos componentes que tienen propiedades antioxidantes. Entre estos componentes se encuentran, además de los tocoles, pigmentos carotenoides, que son componentes habituales de las materias grasas dietarias, el ácido ascórbico, ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas (Craig y Beck, 1999; Awad y Fink, 2000; Basu *et al.*, 2001; Lichtenstein y Deckelbaum, 2001; Tomasch *et al.*, 2001; Feldman, 2002; Visioli y Galli, 2002; Simopoulos, 2004).

1.3.8. Fitoesteroles

Los fitoesteroles (FES), son componentes naturales de la materia insaponificable de los aceites vegetales, están presentes en la membrana celular de todos los organismos eucariontes. Son productos de la “síntesis de novo” o tomados del medio ambiente. Se les denomina esteroides vegetales o también fitoesteroides de forma genérica, aunque comprenden tanto esteroides como estanoles. Se conocen más de 250 fitoesteroides y compuestos relacionados diferentes en vegetales y productos marinos. El β -sitosterol, el campesterol y el estigmasterol son los FES en vegetales más comunes.

Su estructura (Figura Int-6) química es similar al colesterol, diferenciándose sólo en la cadena lateral. Existen en forma libre, esterificados con ácidos grasos o conjugados como glicósidos de esterilo. La hidrogenación de los esteroides forma estanoles, que son menos abundantes en la naturaleza, pero pueden ser producidos por 5-alfa hidrogenación desde su respectivo esteroide, originando sitostanol y campestanol. Los FES no se sintetizan por los mamíferos, por lo tanto, su presencia en el ser humano proviene exclusivamente de la dieta (Chan *et al.*, 2006).

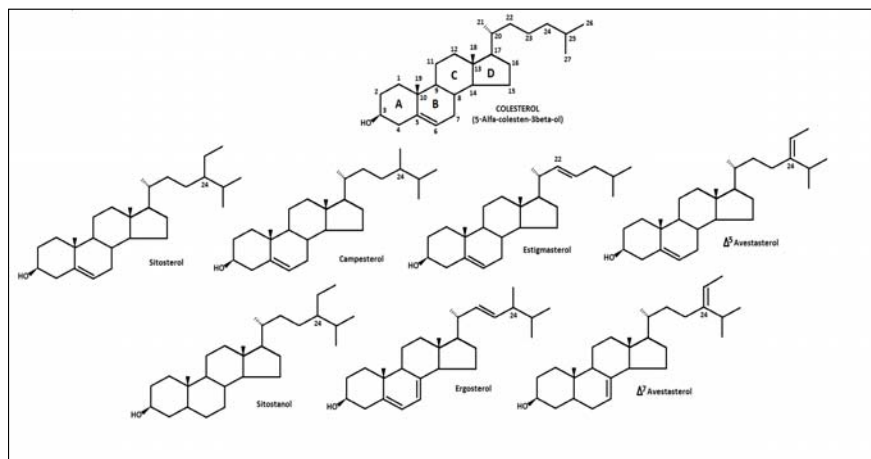


Figura Int-6. Estructura del colesterol presente en materias grasas de origen animal y de fitoesteroles en materias grasas de origen vegetal

Nutricionalmente inhiben la absorción de colesterol en el ser humano, aunque no son absorbidos en cantidades significativas (Francisco y Resurrección, 2008), por lo que se ha originado una serie de investigaciones sobre fuentes naturales de estos componentes, para incorporarlos en cantidades importantes en margarinas y otros alimentos, surgiendo así una línea de alimentos funcionales (Ling y Jones, 1995; Nguyen, 1999; Linchtenstein y Deckelbaum, 2001).

Como ya se mencionó, se ha establecido que la ingesta de FES disminuye la concentración de colesterol en el plasma debido a que inhiben su absorción en el intestino. Comparados con el colesterol, la concentración de los FES en el plasma es muy baja, lo que demuestra la incapacidad fisiológica de ser absorbidos. Se ha publicado que la adición de 2 a 3 g de fitoesteroles en una dieta normal o baja en grasas produce una disminución promedio 7% del colesterol total como, aproximadamente un 10% de reducción de la LDL-colesterol (Kozłowska-Wojciechowska *et al.*, 2003).

La absorción de colesterol presenta gran variación dependiendo del individuo, con rangos entre 30 y 80%, usualmente se estima próxima al 50%. Por otra parte, la absorción de los FES es muy baja, variando entre 0,1 y 5% dependiendo de la estructura específica del esteroide (Ellegård *et al.*, 2007). Los FES compiten con la absorción de colesterol en el intestino delgado, principalmente en la estructura de las micelas por reducción de la solubilidad del colesterol.

Andersson *et al.* (2004) utilizaron una base de datos del contenido de FES, de aproximadamente 350 alimentos para relacionar la ingesta de FES presentes en la dieta habitual y la concentración de colesterol sérico, empleando un cuestionario de frecuencia de consumo. En este estudio participaron más de 22000 mujeres y hombres con edades entre 39 y 79 años. Se encontró una relación inversa entre la ingesta de FES y colesterol total y LDL-colesterol sérico, corregida por edad, índice de masa corporal e ingesta de energía. Además, se estimó que la ingesta diaria de FES en la población británica en estudio estuvo cercana a 300 mg/día tanto para mujeres como para hombres, con un rango entre 100 y 700 mg/día, lo cual concuerda con un estudio realizado por Ellegård *et al.* (2007) en población alemana.

Los datos de ingesta de FES son variables, en la dieta occidental se estiman entre 200 y 400 mg/día (Kozłowska-Wojciechowska *et al.*, 2003; Ellegård *et al.*, 2007), aproximadamente 250 mg/día de FES (~ 4mg/kg de peso/día) se consumen en una dieta típica de EEUU, en personas de la tercera edad, el promedio ingerido es cercano a 300 mg/día con un valor máximo de 680 mg/día, en Holanda, el consumo promedio es de 285 ± 97 mg/día, las poblaciones asiáticas y los vegetarianos se estima que tienen un consumo más alto, entre 345 a 400 mg/día (Francisco y Resurrección, 2008).

Los aceites vegetales son las fuentes principales de FES que más aportan a la dieta, por este motivo hay creciente interés en generar información sobre nuevas fuentes naturales alternativas de FES, a partir de aceites especiales contenidos en frutos o semillas no estudiadas. Otras fuentes son las legumbres, semillas como girasol, sésamo, maní, etc., además de las margarinas enriquecidas en FES. Los desarrollos sobre FES como alimentos funcionales se basan en alimentos que aportan de 5 a 10 veces más la cantidad de FES por porción de consumo, que lo que aporta la porción de consumo habitual de un aceite, como es el caso de las margarinas o yogures enriquecidos en FES.

1.3.9. Corolario

El hombre occidental junto con la revolución industrial se apartó, probablemente en forma inconsciente, cada vez más, sustituyendo su dieta tradicional habitual, más variada y equilibrada, por una dieta más monótona y exagerada en cuanto a la cantidad y calidad de la grasa consumida, lo que ha traído como consecuencia los graves problemas de salud ya comentados.

Por otra parte, se presenta la contradicción de que muchos pueblos se mantienen en buenas condiciones de salud con consumos de grasa ampliamente diversos en cantidad y calidad.

Evidentemente, no se puede olvidar la herencia genética de cada persona, la influencia del medio ambiente, la actual presión de trabajo o estrés, que afectan al estilo de vida de los pueblos. Además, la investigación científica y tecnológica sobre las materias grasas sigue en auge.

En este contexto, no debemos olvidar que la naturaleza es generosa en proveernos de una gran diversidad de fuentes de grasas y aceites y, en nuestro caso, de acuerdo a las indicaciones de FAO y otros organismos, pretendemos aportar conocimiento sobre algunas fuentes potenciales de alimentos que contribuyan a una dieta más saludable.

1.4. Bibliografía relativa a la introducción

- Ackman, R. 1988. The year of fish oil. *Chemistry & Industry*. 3, 139-145.
- Ackman, R.G. 2008. Fatty Acids in fish and shellfish. In Chow C.K. ed. Fatty acids in Foods and their Health implication. Pp 155 -185. CRC Press, London, UK.
- Almendinger, K., Jordal, O., Kierulf, P., Sandstad, R., and Pedersen, J.I. 1995. Effects of partially hydrogenated fish oil, partially hydrogenated soybean oil and butter on serum lipoproteins and Lp(a) in men. *J.Lipid Res.* 26, 1370 – 1384.
- Aleixandre, A.; Miguel, M y Muguerza, B. 2008. Péptidos antihipertensivos derivados de proteínas de leche y huevo. *Nutr. Hosp.* v. 23 n. 4.
- Alfin-Slater, R., Morris, R., Morris, R., and Melnick, D., 1969a. Dietary fat composition and tocopherol requirements. Part I. *J.Am. Oil Chem. Soc.* 46, 563-568
- Alfin-Slater, R., Morris, R., Aftergood, L. and Melnick, D., 1969b. Dietary fat composition and tocopherol requirements. Part II. *J.Am. Oil Chem. Soc.* 46, 657-661.
- Andersson, S., Skinner, J., Ellegård, L., et al. 2004. Intake of plant sterol is inversely related to serum cholesterol concentration in men and women in the EPIC Norfolk population: a cross-sectional study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 58. 1378-1385.
- Arai, S. 1996. Studies on functional Foods in Japan. State of the art. *Biosci. Biotech. Biochem.* 60, 9-15.
- Arsuaga, J. 2003. Los aborígenes. La alimentación en la evolución humana. Ed. RBA Libros S.A. Barcelona. Pag. 151-165.
- Awad, A. y Fink, C., 2000. Phytosterols as anticancer dietary components: evidence and mechanism of action. *J. Nutr.* 130, 2127-2130.
- Bang, H. y Dyerberg, J., 1972. Plasma lipids and lipoprotein in Greenlandic west coast Eskimos. *Acta Med. Scand.* 192, 85-94
- Basu, H., Del Vecchio, A., Flider, F. and Orthoefer, T. 2001. Nutritional and potential disease prevention properties of carotenoids. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 78, 665-675
- Barceló-Coblijn G., Murphy E.J. 2009. Review “Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids. Benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acids level. *Progress in Lipid Research* 48, 355-374.
- Bazan, N.G. 2007. Omega 3 fatty acids pro-inflammatory signaling and neuroprotection. *Curr. Opin. Clin Nutr. Metab. Care.* 10, 136 -141.

- Beer, D.J., Judd, I.T., Kris – Etherton, P.M., Zhao, G., and Emken, E.A. 2003. Stearic acid absorption and its metabolizable energy value are minimally lower than those of other fatty acids in healthy man fed mixed diets. *Am. J. Clin. Nutr.* 133, 4121 – 4134.
- Bowman B.A. y Russel R.M. 2003. Conocimientos actuales sobre Nutrición. Publicación Científica y Técnica N°592, OPS, OMS, ILSI. Washington, DC 20037, EUA.
- Brenna J.T., Salem N.J., Sinclair A.J., Cunnane S.C. 2009. “ α Linolenic acid supplementation and conversion to n-3 long chain polyunsaturated fatty acids in humans”. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 80, 85-91.
- Brower, L.A., Wanden, A. J., and Katan, M.B. 2010. Effect of animal and trans fatty acids on HDL and LDL Cholesterol level in human –a quantitative review. *PLoS One*, 2.5 (3) e 9434
- Burdge G.C. 2004. “Alpha-linolenic acid metabolism in men and women: nutritional and biological implications”. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 7,137 -144.
- Burlingame, B., Mishida, C., Uauy, R., Weissel, R. 2009. Fats and Fatty Acids in Human Nutrition. Joint FAO/WHO. Expert Consultation. *Ann. Nutr. Metab.* 55, 1 – 3.
- Burr, G. and Burr, M. 1929. A new deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. *J.Biol.Chem.* 82, 345-367
- Burr, G. and Burr, M., 1930. On the nature and role of fatty acids essential in nutrition. *J. Biol. Chem.* 82, 587.
- Calder P.C. 2006. Polyunsaturated fatty acids and inflammation. *Pros.Leuk EFA*, 75, 197 -202-
- Carlson, S., Rhodes, R. and Ferguson, M., 1986. Docosahexenoic acid status of preterm infants at birth and following feeding with human milk or formula. *Am. J. Clin. Nutr.* 44, 798-802.
- Carpenter, D. and Slover, H., 1973. Lipid composition of selected margarines. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 50, 372-376.
- Consensus Document, Scientific Concepts of Functional Foods in Europe, 1999. *British Journal of Nutrition.* 81, S1 –S27.
- Carrol, K. and Khort, H., 1971. Effects of level and type of dietary fat on incidence of mammary tumors induced in female Sprague-Dawley rats by 7-12 dimethylbenz-antracene. 1971. *Lipids.* 6, 415-420.

- Chan, Y-M., Varady, K., Lin, Y., Trautwein, E., Mensink, R., Plat, J., and Jones, P., 2006. Plasma concentration of plant sterol: Physiology and relationship with coronary heart disease. *Nutrition Reviews*. Vol. 64, No 9, 385-402.
- Choe, E., and Min, D., 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *CRFSFS*, vol 5, 169-185.
- Craig, W. and Beeck, L. 1999. Phytochemicals: Health protective effects. *Can. J. Diet. Prac. Res.* 60, 78-84.
- Daviglus, M., Stamler, J., Oencia, A., Dyer, A., Liu, K., Greenland, P., Walsh, M., Morris, D. and Shekelle, R. 1997. Fish consumption and the 30-years risk of fatal myocardial infarction. *New Eng. J. Med.* 336, 1046-1053.
- Díaz, L. 2006. Industrialización y aprovechamiento de productos y sub-productos derivados de materias primas agropecuarias de la Región de Coquimbo. LOM ediciones Ltda. Santiago, Chile, pp 285.
- Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J., and Parmentier, M., 2007. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 710-732.
- Ellegård, L., Andersson, S., Normén, L., and Andersson, H., 2007. Dietary plant sterol and cholesterol metabolism. *Nutrition Reviews*. Vol. 65. No 1. 39-45.
- Emken E.A. 2001. "Stable isotope approach, applications and issues related to polyunsaturated fatty acids metabolism studies". *Lipids* 36, 965-073,
- FAO, Geneve, 2008. Fats and Fatty Acids in human nutrition. Report of an expert consultation, FAO, Food Nutrition Paper 91, Chapter 3, Fats and Fatty Acid terminology, pp 21 – 24.
- FAO, Roma 2010. International Symposium on Food and Nutrition Security: Food-Based Approaches for Improving Diets and Raisings Levels of Nutrition FAO, Rome 7-9 December 2010.
- Ferrer Lorente, B. y Dalmau Serra, J. 2001. Alimentos funcionales: probióticos. *Acta Pediatr. Esp.* 2001; 59: 150-155.
- Fisher, S. 1989. Dietary polyunsaturated fatty acids and eicosanoid formation in humans. *Adv. Lipids Res.* 23, 169-198.
- Frankel, E.N. 2007. The lipovore's challenge to food scientist. Nutritional guidelines on edible fats. *Inform.* 18(7): 469-472.
- Francisco, M. L. y Resurrección, A.V.A., 2008. Functional components in peanuts. *Critical Review in Food Science and Nutrition.* 48. 715-746.

- Gissi, H.J., 2008. Effect of n-3 polyunsaturated fatty acids in patients with chronic heart failure, a randomised double blind placebo controlled trial. *Lancet*, 372, 1223 – 1230.
- Guil-Guerrero, J.L.; Belarbi, E-H.; Reboloso Fuentes, M.M. 2000. Eicosapentaenoic and arachidonic acids purification from the red microalga *Porphyridium cruentum*. *Bioseparation*. Vol. 9, N° 5, 299-306 , DOI: 10.1023 / A: 1011124624001
- Guillen, M.D., Cabo, N., 2002. Fourier transform infrared spectra data versus peroxide and anisidine values to determine oxidative stability of edible oils. *Food Chem.* 77:503–10.
- Gunstone, F., Harwood, J. and Dijkstra, A. 2007. *The Lipids Handbook*. Third edition, CRC Press Taylor & Francis Group, USA.
- Harris, P. and Embree, N. 1963. Quantitative consideration of the effect of polyunsaturated fatty acids content of the diet upon requirements for vitamin E. *Am. J. Clin. Nutr.* 13, 385-392
- Hasler, C. 1998. Functional Foods: Their role in disease prevention and health promotion. *Food Tech.* 52, 63-70
- Hegsted, D., McGandy R., Myers, M. and Stare, F. 1965. Quantitative effects of dietary fat on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 17, 281-295
- Herron, D.G., 1991. Strategies for promoting a healthy dietary intake. *Nurs Clin North Am.* 26:875–84.
- Holman, R.T. 1978. How essential are essential fatty acids? *J. Am. Oil Chem. Soc.* 55, 774A – 781A.
- Hu, F.B., Manson, J.E., and Willett, W.C. 2001. Types of dietary fat and risk of coronary heart disease a critical review. *J. Am. Coll. Nutr.* 20, 5 -19.
- Jones, R. 1974. Role of dietary fat in health. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 51, 251-259.
- Jones, R. 1999. Science, medicine, and the future. Genetically modified Foods. *British Med. J.* 318, 581-584.
- Keys, A., Anderson, J. and Grande, F. 1965. Serum cholesterol response to changes in diet. IV. Particular saturated fatty acids in the diet. *Metabolism*, 14, 776-787.
- Kushi, L., y Giovannucci, E. 2002. Dietary fat and cancer. *Am. J. Med.* 113, Suppl 98,635 -705.
- Kozłowska-Wojciechowska, M., Jastrzębska, M., Naruszewicz, M., and Foltyńska, A., 2003. Impact of margarine enriched with plant sterol on blood lipids, platelet function, and fibrinogen level in young men. *Metabolism*. Vol. 52. No 11. 1373-1378

- Kunau, W. and Holman R. 1977. Polyunsaturated Fatty Acids. Chapter 11. Functions of polyunsaturated fatty acids: Biosynthesis of Prostaglandins. Ed. *Am. Oil. Chem. Soc.* Champaign. ILL. USA
- Lands, WEM. 2003. Diets could prevent many diseases. *Lipids*, 18, 317-321.
- Lands, WEM. 2005. Dietary fat and health: the evidence and the politics of prevention; careful use dietary fats can improve life and prevent disease. *Ann N.Y. Acad Sci.* 1055, 179-192.
- Lands, B. 2008. "A critique of paradoxes in current advice on dietary lipids" Review. *Progress in Lipid Research* 47, 77-106.
- Lichtenstein, A., 1997. Trans fatty acids, plasma lipids levels, and risk of developing cardiovascular disease. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation*, 95, 2588-2590.
- Linchtenstein, A. and Deckelbaum, R., 2001. Stanol/Sterol ester-containing Foods and blood cholesterol levels. *Circulation* 103, 1177-1179.
- Ling, W. and Jones, P. 1995. Dietary phytosterols: a review of metabolism, benefits and side effects. *Life Sci.* 57, 196-206.
- Martín-Hernández, D. y Cámara, M., 2000. Alimentos Funcionales. Cap. VII pág. 265-308. En: Sanz Pérez, B. Alimentos y Salud. Ed. Real Academia de Farmacia. Madrid
- Masson, L. y Mella, M., 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos. Monografía. Ed. Universitaria. Santiago, Chile.
- Masson, L., Chamorro, H., Generini G., Donoso, V., Pérez-Olea, J. and Mella, M., 1990. Fish oil intake in coronary artery disease patients, serum lipid profiles and progression of coronary heart disease. *Med. Sci. Res.* 18, 905-907
- Mazza, G. 1998. Alimentos Funcionales. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Mensink, R. and Katan, M., 1990. Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *New England J. Med.* 323, 439-445.
- Meyer, A. 1998. The 1998 top 100 R&D survey. *Food Processing.* 58, 32-40.
- Milner, J., 2000. Functional foods: the US perspective. *Am J Clin Nutr.* 71 (suppl): 1654S-9S.
- MINSAL. Reglamento Sanitario de los Alimentos, MINSAL, Gobierno de Chile, modificación 2009.
- Moreau, A. and Kamal-Eldin A. 2009. Plant Genetic resources for Food and Agriculture, FAO, 2010.

- Morrow, J., Chen, Y. and Brame, C. 1999. The isoprostanes: unique prostaglandin-like products of free radical-initiated lipid peroxidation. *Drug Metab. Rev.* 31, 117-139.
- Mozaffarian D. 2005. "Does alpha-linolenic acid intake reduce the risk of coronary heart disease? A review of the evidence". *Altern Ther Health Med.* 11, 24-30.
- Mozzaffarian, D. and Willet, W.C. 2007. Trans fatty acids and cardiovascular risk, a unique cardio metabolic imprint? *Cur. Atheroscler. Rep.* 9, 486 – 493.
- Nazareno, M., and E. González. 2008. Antioxidants properties of cactus products. *CACTUSNET*, Vol 11, 18-28.
- Neuringer, M., Anderson, G. and Conner, W., 1988. The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. *Ann. Rev. Nutr.* 821.
- Nguyen, T. 1999. The cholesterol-lowering action of plant stanol esters. *J. Nutr.* 129, 2109-2112.
- Nishida, C. and Uauy, R. 2009. WHO Scientific Update on trans fatty acids *EJCN* 63, Suppl 2.
- Parker, T.D., Adams, D.A., Zhou, K., Harris, M., and Yu, L., 2003. Fatty acid composition and oxidative stability of cold-pressed edible seed oils. *J. Food Sci.*, 68:1240–1243.
- Paulsrud, J., Pensler, L., Whitten, C., Stewart, S. and Holman, R. 1972. Essential fatty acid deficiency in infants by fat-free intravenous feeding. *Am. J. Cl. Nutr.* 25, 897-904
- Phillipson, B., Rothrock, D., Conner, W., Harris, W. and Illingworth, D. 1985. Reduction of plasma lipids, lipoproteins and apoproteins by dietary fish oil in patients with hypertriglyceridemia. *New. Eng. J. Med.* 312, 1210-1216
- Pszczola, D., Katz, F., Giese, J., 2000. Research trends in healthy Foods. *Food Tech.* 50, 45-50.
- Recio, I. y López Fandiño, R. 2005. Effects on health of functional ingredients derived from milk. *Alimentación Nutrición y Salud*. Vol. 12. 121 – 131.
- Roberfroid, M., 2000. Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *Am. J. Clin. Nutr.* 71 (suppl): 1660S-4S.
- Rodríguez-Pérez, W. 2005. Estudio comparativo de la composición en ácidos grasos del aceite de semillas de plantas de la Amazonía colombiana. *Momentos de la Ciencia* 2, 75 – 81.

- Romero, N., Robert, P., Masson, L., Luck, C. y Buchmann, L. 1996. Composición en ácidos grasos y aporte de colesterol de conservas de jurel, sardina, salmón y atún al natural. *Arch. Lat. Nutr.* 46, 75-77.
- Sáenz, C. 2006. Boletín 162: Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Roma, Italia.
- Salem N., Wegher B., Mena P., Uauy R. 1996. "Arachidonic and docosahexaenoic acids are biosynthesized from their 18-carbon precursors in human infants. *Proc Natl Acad Sci USA*, 93,40-54.
- Sánchez, C., Mella, M. y Masson, L. 1991-92. Analisis proximal y composición en ácidos grasos de materia grasa extraída de truchas cultivadas. *Cienc. Tec. Mar. CONA* 15, 3-12.
- Sanders, T.A. 2009. Fats and fatty acids intake and metabolic effects in the human body. *Ann.Nutr.Metab.* 55, 162 -172.
- Smith, W.L., Marriet, L.J., De Witt, D.L. 1991. Prostaglandins and thromboxanes Biosynthesis. *Pharmacol Ther.* 49, 153 – 179.
- Schneider, C., 2005. Review: Chemistry and biology of vitamin E. *Mol. Nutr. Food Res.* 49. 7-30.
- Serhan, C.N., Hong, S., Gronest, K., Colgan, S.P, Devch, P.r., Manick, G., and Moussigne, R.L. 2002. Resolvins a family of bioactive products of omega-3 fatty acids transformation occurs initiated by aspirin treatment that counts proinflammation signals. *J. Exp.Med.* 186, 1025 -1037.
- Simopoulos, A., 1981. Omega-3 fatty acids in health and disease and growth and development. *Am. J. Clin. Nutr.* 438-463.
- Simopoulos , A.P. 2004. Omega-3 Fatty acids and Antioxidants in edible Wild Plants. *Biol Res* 37,263 – 277.
- Simopoulos, A. 2006. Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomed. Pharmacother.* 60, 502-507.
- Sinclair, A.J. 1993. The nutritional significance of omega 3 polyunsaturated fatty acids for humans. *ASEAN Food Journal* 8, 3-13.
- Sinclair A.J. Attar.Bashi N.M., Li D. 2000. "What is the role of α -linolenic acid for mammals?" *Lipids*, 37, 1113 – 1123.
- Sloan, A. 2002. The Top 10 Functional Foods trends: The Next Generation. *Food Tech.* 56, 32-56.

- Slover, H. 1971. Tocopherols in Foods and fats. *Lipids*. 6, 291-296.
- Stujbosch, R.A., Lee, S., Arenault, D.A., Anderson, C., Gura, K.M., Bistran, B.R., and Puder, M. 2008. Fish oil prevents essential fatty acids deficiency and enhances growth clinical bioclinical implications. *Metabolism*, 57, 698 -707.
- Rincón-Cervera, M.A.; Suárez-Medina, M.D; Guil-Guerrero, J.L. 2009. Fatty acid composition of selected roes from some marine species. *European Journal of Lipid Research*. Vol 111. Nº 9. Pag. 920 – 925.
- Tapia, M. 1990. Cultivos Andinos Subexplotados. FAO.
- Tomasch, R., Wagner, K. and Elmadfa, I., 2001. Antioxidative power of plant oils in humans: The Influence of alpha and gamma tocopherol. *Ann. Nutr. Metab.* 45, 110-115
- Torija E. 2011. Concepto y composición de la fibra dietética. Los alimentos como fuente de fibra. Monografía, pp 1 – 9, Ed. Kellogg España, S.I., Madrid, España.
- Torija, M^a.E.; Matallana González, M^a.C. y Chalup Torija, N.. 2011. “El ajo y la cebolla: de las medicinas antigua al interés actual”. XIX BIENAL DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL. Toledo, España.
- Torres-Llánez, M^a.J.; Vallejo-Cordoba, B. y Fernando González-Córdova, A. 2005. Péptidos bioactivos derivados de las proteínas de la leche. *ALAN* v. 55 n. 2 Caracas.
- Uauy R., Birch, E., Birch, D., Peirano, P. 1992. “Visual and brain function measurements in studies of n-3 fatty acids requirements of infants”. *J. Pediatr.* 120, S168-S180.
- Uauy R., Mena, P., Wegher, B., Nieto, S., Salem Jr. N. 2000. “Long chain polyunsaturated fatty acids formation effect of gestational age and intrauterine growth. *Pediatr. Res.* 47, 127-135.
- Valenzuela, R.B.; Gormáz, J.G.; Masson, L.S.; Vizcarra, M. Cornejo, P.Z.; Valenzuela, A.B. y Tapia, G.O. 2012. Evaluation of the hepatic bioconversion of α -linolenic acid (ALA) to eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) in rats fed with oils from chia (*Salvia hispanica*) or rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*). *Grasas y Aceites* 63. Pag. 61 – 69.
- Vergroesen, A., Gottenbos, J. In: Vergroesen AJ, ed. 1975. The role of fats in human Nutrition. N.Y. Academic Press, 1-41.
- Villeneuve, P., Muderhwa, J., Graille, J. and Haas, M. 2000. Customizing lipases for biocatalysis. A survey of chemical, physical and molecular biological approaches. *J. Mol. Cat. B: Enzymatic*. 9, 113-148.

Visioli, F. and Galli, C. 2002. Biological properties of olive oil phytochemicals. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 42, 209-221.

WHO, 2003. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Report of the WHO/FAO Consultation Technical Report, Series 916, WHO. Geneve.

2. Hipótesis y Objetivos

2.1. Hipótesis

Se postula que las semillas estudiadas tengan un buen aporte de materia grasa y que la calidad nutricional de ellas concuerde con las recomendaciones actuales, ser buena fuente de ácido oleico y que el aporte de ácidos grasos esenciales, linoleico y linolénico esté dentro de la relación 5:1 recomendada. Además que sean fuente de componentes bioactivos como tocoles y fitoesteroles que puedan dar origen a la formulación de alimentos funcionales.

2.2. Objetivo general

Dado que la información acerca de las semillas nativas y cultivadas en Chile es escasa, el objetivo de este trabajo es generar información sobre la composición de diez semillas especialmente de la calidad de su aceite desde el punto de vista nutricional y aporte de compuestos bioactivos.

2.3. Objetivos específicos

- Determinar la composición centesimal de diez semillas, con el propósito de determinar su contenido de materia grasa.
- Estudiar el aceite extraído de las diez semillas para conocer su aporte de ácidos grasos n6, n3 y n9 y la distribución de sus principales triglicéridos.
- Estudiar el aceite extraído de las diez semillas, en cuanto a su aporte de tocoles y fitoesteroles, por ser compuestos bioactivos importantes y poder evaluar su posible aplicación en la formulación de alimentos funcionales.
- Estudiar los distintos aceites de forma comparativa para establecer cuál o cuáles de ellos tienen mayor interés desde el punto de vista nutricional y por sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria.

3. Material y Métodos

3.1. Materiales

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, se seleccionaron las siguientes semillas:

- Tuna o Nopal (*Opuntia ficus-indica*).
- Zarzamora (*Rubus ulmifolius*).
- Chañar (*Geoffrea decorticans*).
- Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.).
- Espino (*Acacia caven*).
- Rosa Mosqueta (*Rosa* Aff. *Rubiginosa*).
- Papaya (*Carica pubescens*).
- Avellana chilena (*Gevuina avellana*).
- Peumo (*Cryptocarya alba*)
- Coquito de palma chilena (*Jubaea chilensis*).

En la Figura Mat-1 se presenta el Mapa de Chile organizado en función de la ubicación de las semillas por zona de origen.



Figura Mat-1. Recreación de las semillas estudiadas y ordenadas de norte a sur del país (Masson, 2010)

El estudio de las semillas se ha organizado en función de una serie de circunstancias que se indican a continuación y que nos han servido para presentar los resultados en el orden ya citado.

- De las dos primeras, tuna y zarzamora se consumen las semillas de forma paralela a la pulpa del fruto, esto es, se consume todo.
- En un segundo grupo se incluyen: chañar, chirimoya, espino, rosa mosqueta, papaya, de las que el consumo habitual es la pulpa del fruto, separando las semillas que, actualmente, no se consumen y que constituyen un residuo de la industria alimentaria. En el caso de la rosa mosqueta, la pulpa se utiliza para la elaboración de mermeladas o jaleas y no es frecuente el consumo de la misma en fresco.
- En el tercer grupo se incluyen avellana, palma y peumo, de los que se consume la semilla y se desecha la pulpa, esto es, podrían considerarse dentro del grupo de frutos secos.
- En último lugar se estudio el “coquito de palma” que tiene unas características particulares.

La Tabla Mat-1 indica el nombre del fruto del cual se obtuvo la semilla, la nomenclatura empleada en el texto para cada una, su origen, número de muestras y región de procedencia.

Tabla Mat-1. Información de las muestras de semillas analizadas

Fruto	Nomenclatura	Origen	Nº Muestras	Región de Procedencia
Tuna	Tu	México	4	Valparaíso
Zarzamora	Za	Europa	2	Araucanía y Los Lagos
Chañar	Cha	Chile	2	Atacama y Coquimbo
Chirimoya	Chi	Chile	4	Coquimbo
Espino	Es	Chile	2	Valparaíso
Rosa mosqueta	Mo	Europa	3	Araucanía y Los Lagos
Papaya	Py	Chile	4	Coquimbo
Avellana chilena	Av	Chile	4	Araucanía y Los Lagos
Peumo	Pe	Chile	2	El Maule
Coquito de palma	Pa	Chile	4	Valparaíso

3.2. Métodos

En los frutos papaya, chirimoya, tuna, chañar, coquito de palma, avellana, espino, peumo, las semillas se extrajeron manualmente; en el caso de rosa mosqueta y zarzamora, las semillas se obtuvieron directamente de un proveedor. Las semillas se estabilizaron por desecación y luego se procedió a determinar su peso y medidas.

Las determinaciones analíticas realizadas en las semillas secas correspondieron a la composición centesimal y a caracterizar el aceite extraído y para ello, se siguieron los métodos que se indican a continuación.

3.2.1. Composición centesimal

3.2.1.1. Humedad y Materias volátiles

Se realizó sobre semilla entera limpia por calentamiento a $130^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$ en estufa de aire forzado por tres horas de acuerdo al Método Oficial AOCS Ai 2 75 (93)(1993). Se expresó en g/100 g.

3.2.1.2. Proteínas

Se utilizó el Método Kjeldahl de acuerdo al método descrito por la AOAC 984.13 (1995), empleando sulfato de cobre como catalizador. La proteína se calculó a partir del porcentaje de nitrógeno multiplicado por 6,25. Se expresó en g/100 g.

3.2.1.3. Materia Grasa

El contenido de materia grasa se determinó por extracción con éter de petróleo 40-60°C sobre las semillas secas y molidas empleando extractor Soxhlet, de acuerdo al Método AOCS Ai 3 75 (93)(1993). Se expresó en g/100 g.

3.2.1.4. Hidratos de carbono disponibles totales

Se utilizó el método espectrofotométrico de la antrona (Osborne y Voogt, 1986), determinando los hidratos de carbono disponibles totales, tras hidrólisis conocido perclórico. Los resultados se expresan en gramos de glucosa por 100 g.

3.2.1.5. Fibra Dietética total

Se utilizó el procedimiento enzimático gravimétrico según Método AOAC 991 43 (93)(1993). Se realizaron ensayos previos para afinar todos los procedimientos analíticos involucrados en cada etapa de esta metodología oficial, para posteriormente aplicar el método siguiendo el procedimiento descrito.

La muestra molida, seca y desengrasada se sometió a la acción de las enzimas proteasa, amiloglucosidasa y amilasa. Una vez finalizado el procedimiento metodológico, el residuo filtrado se sometió a calcinación y determinación de nitrógeno total para luego calcular el contenido de fibra dietética total. Se expresó en g/100 g de semilla de origen.

3.2.1.6. Contenido mineral

Se determinó por calcinación a 550°C de acuerdo al Método AOCS Ba 5a 49 (93)(1993). Se expresó en g/100 g.

3.2.2. Estudio del aceite extraído

Dado que el objetivo de la tesis está dirigido fundamentalmente al estudio de los aceites extraídos de las semillas, se describirá con más detalle la metodología empleada.

3.2.2.1. Ácidos Grasos

Se determinaron por cromatografía gas-líquido (GLC) a partir de las muestras transesterificadas con metilato sódico y ácido sulfúrico en metanol, siguiendo la norma UNE 55-037-73 (1973). El peso de muestra de aceite para metilar fue del orden de 100 mg; los ésteres metílicos se extrajeron con Hexano calidad HPLC, la cantidad inyectada 1 μ L. Se utilizó un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 serie II USA, equipado con detector de ionización de llama, FID, relación hidrógeno: aire = 40:400 mL/min, sistema de inyección split ajustado a 20:80, columna capilar BPX 70 de 50 m de largo, 0,25 μ m de espesor de película y 0,25 mm de diámetro interno. El programa de temperatura empleado, se ha desarrollado en el Laboratorio del Centro de I&D en Grasas y Aceites, CIDGRA, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile, Santiago, Chile. La temperatura inicial del horno fue de 160°C, durante tres minutos, luego se programó con un incremento de 2°C/min hasta alcanzar 220°C. Tanto la temperatura del inyector como la del detector fueron de 240°C. El gas portador fue hidrógeno de alta pureza flujo 2 mL/min, como gas auxiliar se usó nitrógeno de alta pureza.

Los ácidos grasos se identificaron de acuerdo a los tiempos de retención absolutos y relativos al 18:0, comparándolos con el patrón cuantitativo Supelco 37 FAME que contiene 37 ésteres metílicos entre largo de cadebna 4 a 24, saturados, monoinsaturados poliinsaturados, algunos ácidos grasos *cis*, *trans* y mezclas cuantitativas preparadas en el laboratorio a partir de ésteres metílicos patrones individuales Sigma y Merck. Los ésteres metílicos de cada ácido graso se expresaron en g/100 g de ácidos grasos (AG) aplicando los factores de corrección respectivos.

3.2.2.2. Triglicéridos

Se aplicó el método AOCS Ce 5b-89 (93)(1993), por cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC. El equipo utilizado fue marca Merck-Hitachi, con detector de índice de refracción; columna analítica de acero inoxidable 250 x 4,5 mm, empacada con sílice, tamaño de partícula de 5 μ m con 22-23% de carbón como octadecidimetilsilil. Fase móvil acetonitrilo: acetona 1:1 calidad HPLC. Como patrones de referencia para la identificación de los triglicéridos (TG) se emplearon patrones

Sigma de trioleína, tripalmitina, muestras patrones de aceite de soja y de aceite de oliva. Se expresaron como porcentaje relativo entre los triglicéridos detectados e identificados.

3.2.2.3. *Tocoles*

Se utilizó el método de la AOCS Ce 8-89 (93)(1993) por cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC. El equipo utilizado fue marca Merck-Hitachi, con detector de fluorescencia; columna analítica de acero inoxidable de 250 x 4 mm, LiChroCart Superspher Si 60, tamaño de partícula de 5µm. Fase móvil propano-2-ol en hexano 0,5: 99,5 calidad HPLC.

La identificación de los tocoles presentes en el aceite extraído de cada semilla, se realizó por comparación de los tiempos de retención de los picos obtenidos en la muestra en relación a los obtenidos en la mezcla patrón preparada cuantitativamente en el laboratorio a partir de los estándares individuales marca Calbiochem, de alfa, beta, gama, delta tocoferol y alfa y gama tocotrienol. Esta misma mezcla patrón cuantitativa, se empleó de acuerdo al método indicado, como patrón externo para cuantificar los tocoles detectados e identificados en el aceite de las semillas estudiadas.

La concentración de cada tocol presente en la mezcla patrón, se confirmó por espectrofotometría al UV, empleando las respectivas longitudes de onda de cada tocol, según indica el método. Se expresaron en mg/kg de materia grasa.

3.2.2.4. *Fitoesteroles*

Se determinaron por cromatografía gas-líquido (GLC) siguiendo el Método UNE 55-019-84, a partir de la materia insaponificable, obtenida por el Método oficial AOCS Ca 6b-53 (93) (1993). Se utilizó un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 5890 serie II USA, equipado con detector de ionización de llama, FID, sistema de inyección split 20:80, columna capilar HP-5 (Crosslinked 5% PH ME Silicone) de 30 m de largo, 0,25 µm de espesor de película y 0,32 mm de diámetro interno.

La temperatura del horno fue isoterma a 270°C, la temperatura del inyector y detector fue de 300°C, como gas portador se empleó hidrógeno de alta pureza 2mL/min, como gas auxiliar nitrógeno de alta pureza. La identificación de los esteroides presentes en el aceite extraído de las semillas, se realizó por comparación de los tiempos de retención de los picos obtenidos, con los respectivos estándares de esteroides Sigma: colesterol, campesterol, beta-sitosterol, estigmasterol, brassicasterol. Para la cuantificación de cada fitosterol identificado se empleó como patrón interno de acuerdo al método el 5 alfa colestano Sigma. Se calcularon los respectivos factores de respuesta para los esteroides detectados. Se expresaron en mg/kg de materia grasa, relacionando la concentración del patrón interno y su área, con el área de los fitosteroides detectados y aplicando los factores de respuesta determinados.

3.3. Planteamiento general de la exposición y discusión de resultados

Una vez descritos los materiales y métodos motivo del estudio y antes de proceder a la exposición y discusión de los resultados, se ha considerado de interés indicar cuál será el orden de la exposición, que es el siguiente:

Capítulo 4. Estudio de cada una de las semillas en cuanto a su composición centesimal y características de su aceite. Se presentan a modo de fichas individuales y en cada una de ellas se incluyen los datos, la discusión de resultados y las conclusiones específicas.

Capítulo 5. Estudio comparativo de las semillas y los aceites obtenidos de las diez semillas, en cuanto a su composición de ácidos grasos, tocoles y fitoesteroles, comparando con otros aceites vegetales descritos en la literatura.

Capítulo 6. Conclusiones generales del estudio y recomendaciones.

3.4. Bibliografía de la metodología

AOAC.1993. Official Method 991.43 Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods. Official and Tentative Methods of the AOAC.

AOAC. 1995. Método 984.12. Crude protein, Official and Tentative Methods of the AOAC.

AOCS.1993. Ai 2 75 (93). Moisture and volatile matter. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists'Soc, 3th Edition, Champaign, Illinois, USA,

AOCS. 1993. Ba 5a-49. (93). Ashes. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists'Soc, 3th Edition, Champaign, Illinois, USA,

AOCS.1993. Ai 3 75. (93). Total fat. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists'Soc, 3th Edition, Champaign, Illinois, USA.

AOCS. 1993. Ca 6b-53. (93). Unsaponifiable Matter. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists'Soc, 3th Edition, Champaign, Illinois, USA.

AOCS. 1993. Ce 8-89. (93). Determination of tocopherols and Tocotrienols in Vegetable Oils and Fats by HPLC. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists'Soc, 3th Edition, Champaign, Illinois, USA.

AOCS.1993. Ce 5b-89. (93). Tryglycerides in Vegetable Oils by HPLC. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists'Soc, 3th Edition, Champaign, Illinois, USA.

Norma UNE, 55-037-73, Determinación de Ácidos Grasos por Cromatografía Gaseosa, Madrid, 1973. AENOR. Asociación Española de Normalización,

Norma UNE, 51-019-84. Analisis de la fraccion de esteroides por cromatografia gaseosa. AENOR. Asociación Española de Normalización.

Osborne DR y Voogt P. 1986. Análisis de los nutrientes de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

**4. Estudio de las semillas y su aceite.
Resultados, discusión y conclusiones
específicas**

Como ya se ha indicado, al finalizar el capítulo 3, en el capítulo 4 se presenta el estudio de las distintas semillas en cuanto a su composición centesimal y a las características de su aceite. Se presentan a modo de fichas individuales.

En ellas se detallan los aspectos generales de la semilla: descripción, distribución geográfica y usos. A continuación, el estudio analítico de la semilla y de su aceite, especificando el origen y preparación de las muestras; posteriormente se recogen los resultados obtenidos, la discusión de los mismos y las conclusiones referentes a cada semilla. Finalmente se incluye la bibliografía específica de la semilla tratada.

4.1. Tuna (*Opuntia ficus-indica*)

Botánicamente la tuna pertenece a la familia *Cactaceae*. Los nombres vernáculos principales son: tuna, tunos, tunera, higo chumbo, chumbera, nopal.

4.1.1. Aspectos generales de la tuna

Descripción

Los nopales han sido descritos por numerosos autores (Bravo, 1978; Pimienta, 1990; Sudzuki *et al.*, 1993; Barbera *et al.*, 1999; Scheinvar, 1999; Sudzuki, 1999; Nobel y Bobich, 2002). Son plantas arbustivas, rastreras o erectas, del tipo cactus, que pueden alcanzar de 3,5 a 5 m de altura. El sistema radical es muy extenso, densamente ramificado, rico en raíces finas absorbentes y superficiales en zonas áridas de escasa pluviometría. (Sudzuki *et al.*, 1993; Villegas y De Gante, 1997; Sudzuki, 1999).

Los tallos suculentos y articulados o cladodios, comúnmente llamados “pencas”, presentan forma de raqueta ovoide, que puede alcanzar hasta 70 cm de longitud, dependiendo del agua y de los nutrientes disponibles (Sudzuki *et al.*, 1993).



Masson, 2006

Masson, 2009

Figura Tu-1. Planta de nopal o tuna (A) Chilena (B) Mexicana

Cuando miden entre 10 y 12 cm son tiernos y se pueden consumir como verdura (nopalitos). En la Figura Tu-1 se presentan plantas de nopal o tuna de Chile (A) y México (B).

Presentan espinas que generalmente son de dos tipos: algunas pequeñas, agrupadas en gran número (gloquidios) - en México comúnmente se llaman aguates - y las grandes que son, según algunos botánicos, hojas modificadas (Granados y Castañeda, 1996). Cuando el hombre entra en contacto con la planta, las espinas se

pueden desprender y penetrar en la piel, constituyendo un serio inconveniente tanto para la cosecha de los frutos, como para el procesamiento y consumo de los mismos.

Los tallos se lignifican con el tiempo y pueden llegar a transformarse en verdaderos tallos leñosos, agrietados, de color ocre blancuzco o grisáceo. Las flores son sésiles, hermafroditas y solitarias, se desarrollan normalmente en el borde superior de las pencas. Su color es variable: rojas, amarillas, blancas. En la mayor parte del mundo la planta florece una vez al año; sin embargo, en Chile, bajo ciertas condiciones ambientales y con suministro de agua en verano, se presenta una segunda floración en marzo que da origen a la llamada fruta «inverniza» (Sudzuki *et al.*, 1993).

En Chile el fruto del nopal se denomina tuna (Figura Tu-2); en España higo chumbo y recibe también otras denominaciones como higo pico (en Canarias) o higo tuno. Los frutos maduros se venden en mercados locales.



Figura Tu-2. Frutos de tuna enteros y partidos por mitad

Es una drupa con numerosas semillas en su interior (Figura Tu-2), con una piel dura y carnosa de colores que varía del verde a un tono rosa cuando está más madura y que contiene pequeñas espinas en su superficie.

Distribución geográfica

Los nopales son originarios de América, probablemente de México donde se las conocía desde los tiempos pre-hispánicos y se considera una fruta sagrada. Los españoles la llevaron a Europa y desde allí se distribuyó a diversos países del mundo (Sáenz, 2006). Hoy se encuentran en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano, desde Canadá hasta Chile. Se ha difundido a África, Asia, Europa, principalmente en el sur de España y en la cuenca del Mediterráneo, y Oceanía, donde se cultivan o se encuentran en forma silvestre.

En Chile se cultiva principalmente desde la Región de Coquimbo, 32° 02' latitud sur, hasta la Región del Maule, 36° 33' latitud sur; las mayores producciones se concentran en las Regiones de Coquimbo y Valparaíso y el área sembrada es aproximadamente 1100 Ha (Sáenz, 2006).

El fruto, nopal o tuna, está protegido por una cubierta gruesa que tiene espinas muy finas y frágiles de 2 a 3 mm de longitud. Es una baya carnosa, de forma ovoide-esférica; sus dimensiones y coloración varían según la especie y, como la flor, su piel puede ser de diversos colores, desde el verde y amarillo, hasta el rojo o púrpura. La pulpa comestible es muy jugosa, de sabor dulce y fresco, textura ligeramente mucilagínosa, con numerosas semillas en su interior.

Usos

La principal especie utilizada en el mundo para la obtención de fruta es *Opuntia ficus-indica*. Sin embargo, en México se utilizan también con este propósito *O. streptacantha*, *O. lindhemeiri*, *O. amyclaea*, *O. megacantha* y *O. robusta* (Pimienta Barrios y Muñoz-Urías, 1999).

En Chile el consumo es principalmente como fruto fresco y secundariamente como jugo elaborado en forma artesanal. En México la tuna y los cladodios (nopalitos) se conservan y transforman aplicando las tecnologías de procesamiento habituales; además, existen alimentos tradicionales preparados a base de ellos como mermeladas, dulces, jugos, néctares, productos deshidratados, jarabes, licores, encurtidos, en salmuera, en escabeche y productos minimamente procesados (Espinoza *et al.*, 2006, Sáenz, 2006, Valdez *et al.*, 2008). Se ha utilizado nopal fresco como fuente de fibra y calcio en la formulación de “panqués” (Bautista-Justo *et al.*, 2010). En Ecuador se han desarrollado productos de pencas del nopal en almíbar y en salmuera (Quezada *et al.*, 2011a).

Otras aplicaciones pueden ser en cosmética donde se emplea en champú, enjuagues, acondicionadores, cremas de limpieza y humectantes. La medicina popular la asocia a una reducción de niveles de colesterol plasmático debido al mucílago que contiene el fruto; se utiliza como ingrediente en dietas adelgazantes,

para curar quemaduras, tratamiento de diabetes. Además, existen en estas plantas valiosos y atractivos compuestos funcionales que pueden ser extraídos y utilizados para formular y enriquecer nuevos alimentos, para formar parte de la cada vez más cotizada gama de aditivos naturales (gomas, colorantes), tanto en la industria alimentaria como en la farmacéutica y en cosmética. Puede ser útil para formular suplementos alimenticios ricos en fibra o con fines de control de la diabetes o la obesidad, entre otros (Basurto *et al.*, 2006; Valencia-Sandoval, 2010). Por otra parte, es importante la utilización indirecta de la planta que hospeda la cochinilla del carmín para producir colorantes naturales (Sáenz, 2006).

Sáenz (2006) y Quezada *et al.* (2011b) mencionan una serie de sectores industriales que pueden obtener y/o beneficiarse con productos obtenidos a partir de los nopales:

- En la industria alimentaria tiene utilidad en agroindustria de alimentos y bebidas para consumo humano (producción de diversos alimentos, bebidas alcohólicas y analcohólicas de tuna y nopalitas) y de alimentos para animales (suplementos y piensos de cladodios y de desechos de la industria procesadora de tuna, como las cáscaras y semillas).
- Puede ser interesante en la obtención de suplementos alimenticios (fibra y harinas de cladodios) y en la producción de aditivos naturales (gomas de cladodios; colorantes de la fruta).
- En diferentes industrias farmacéutica (protectores gástricos de extractos de mucílagos; cápsulas y tabletas de polvo de nopal) y en cosmética (cremas, champúes, lociones de cladodios).
- En sectores de la construcción (compuestos ligantes de los cladodios) y energético (producción de biocombustibles a partir de las pencas).

4.1.2. Estudio analítico de la semilla de tuna y su aceite

Material de análisis

Se obtuvieron cuatro lotes de frutos de tuna. Cada lote estuvo constituido por una caja de 10 kg, envase habitual de la venta al por mayor para esta fruta; fueron

comprados al azar en La Región Metropolitana, 33° 25' latitud sur, Chile, donde se comercializan diariamente frutas y verduras al por mayor y se conoce la región de origen. En nuestro caso, la procedencia de la fruta muestreada correspondió a la Región de Valparaíso, Til –Til, zona de mayor producción de este fruto en el país. Los lotes se designaron Tu-L1, Tu-L2, Tu-L3 y Tu-L4 y las fechas de muestreo fueron: noviembre de 2004, enero, marzo y abril de 2005.

Obtención de las semillas

Se trabajó con la totalidad de los frutos de cada lote. Se retiró manualmente la piel, y la pulpa se homogeneizó suavemente en un homogeneizador de laboratorio, con el objeto de disgregarla y liberar las semillas sin dañarlas.

Las semillas se recogieron en un cedazo, se les retiraron los restos de pulpa, se lavaron con agua destilada y se estabilizaron sobre pliegos de papel de aluminio en estufa de aire forzado a 60°C para reducir la humedad. Posteriormente se determinó la humedad aplicando el método descrito en 3.1.1.1.

Almacenamiento

Las semillas obtenidas de cada lote se guardaron en frascos herméticos con contratapa y tapa rosca debidamente rotulados, los cuales se mantuvieron a temperatura de refrigeración (4°C) hasta su análisis.

Caracterización de la semilla

De cada lote de semillas secas se pesaron al azar 25 semillas, $n = 100$, para determinar peso, largo y ancho promedio de una semilla, calculándose para cada atributo el valor promedio \pm DS.

Muestra de análisis

Estuvo constituida por el homogeneizado obtenido en un molinillo de laboratorio Krupp del total de la muestra obtenida del cuarteo, aproximadamente 350 g de semillas.

Resultados y discusión de las características de la semilla de tuna y su aceite

La caracterización de la semilla de tuna, su composición centesimal y las características químicas del aceite extraído de sus semillas, correspondiente a los cuatro lotes analizados Tu-L1, Tu-L2, Tu-L3 y Tu-L4, con su respectivo valor promedio \pm desviación estándar (DS), se presentan en las Tablas y Figuras siguientes:

Tablas:

- Tabla Tu-1 Caracterización del fruto y de la semilla de tuna.
- Tabla Tu-2 Composición centesimal de la semilla de tuna (g/100 g).
- Tabla Tu-3 Ácidos grasos del aceite de la semilla de tuna (g /100 g AG).
- Tabla Tu-4 Triglicéridos del aceite de la semilla de tuna (%).
- Tabla Tu-5 Tocolos del aceite de la semilla de tuna (mg/kg).
- Tabla Tu-6 Fitoesteroides del aceite de la semilla de tuna (mg/kg).

Figuras:

- Figura Tu-3 Imágenes de la semilla de tuna.
- Figura Tu-4 Composición centesimal de la semilla de tuna y su distribución porcentual.
- Figura Tu-5 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de tuna.
- Figura Tu-6 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de tuna.
- Figura Tu-7 Distribución porcentual promedio de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de tuna comparada con la de otros aceites de composición similar.
- Figura Tu-8 Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de tuna comparados con otros aceites de composición similar.

- Figura Tu-9 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de tuna.
- Figura Tu-10 Tocolos del aceite de la semilla de tuna.
- Figura Tu-11 Tocolos del aceite de la semilla de tuna comparados con los de otros aceites de composición similar.
- Figura Tu-12 Fitoesteroides del aceite de la semilla de tuna.
- Figura Tu-13 Fitoesteroides del aceite de la semilla de tuna comparados los de otros aceites de composición similar.

En términos generales, las semillas representan del orden del 1% del peso de cada fruto entero. Este valor se encuentra en el rango reportado por Salvo *et al.* (2002) para la misma especie de *Opuntia*.

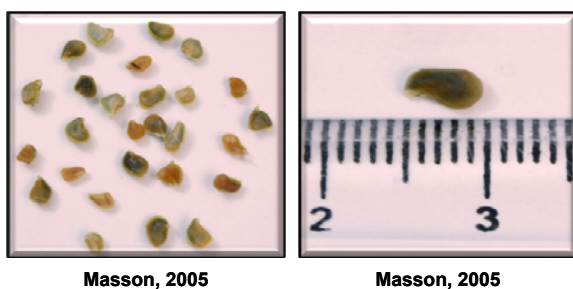


Figura Tu-3. Imágenes de las semillas de tuna

La Figura Tu-3 muestra imágenes de las semillas de tuna, que son de tamaño pequeño y su forma se asemeja a una gota y son de diferentes colores.

Las semillas de tuna estudiadas se caracterizan por tener de 8 mm de largo y 5 mm de ancho, con un peso promedio 15 mg cada una (Tabla Tu-1).

Se encuentran en frutos que pesan 125 g de media y tienen un largo de 100 mm y ancho de 50 mm. El promedio de semillas por fruto fue 58 ± 18 .

Tabla Tu-1. Caracterización del fruto y de la semilla de tuna

	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	PESO (g)	Nº SEMILLAS/FRUT O
Fruto (n=30)	100 ± 2	50 ± 2	125 ± 25	58 ± 18
Semillas (n=100)	8 ± 1	5 ± 1	$0,015 \pm 0,003$	-

Dado que la composición centesimal se determina en las semillas secas, la humedad es inferior al 1% (Tabla Tu-2 y Figura Tu-4). Destaca la cantidad de fibra,

que dio un promedio de $80,6 \pm 0,6$ g/100 g. Este valor es lo suficientemente importante como para que las semillas aisladas y secas puedan servir como fuente de fibra una vez adicionadas a otros productos alimenticios.

Tabla Tu-2. Composición centesimal de la semilla de tuna (g/100 g)

	Humedad	Proteínas (N x 6,25)	Grasa	Hidratos de Carbono*	Fibra	Contenido mineral
Tu- L1	0,7	5,0	5,2	6,4	81,1	1,6
Tu- L2	0,5	6,2	5,7	5,9	80,1	1,6
Tu- L3	0,7	6,2	5,6	6,0	80,0	1,5
Tu- L4	0,7	6,0	5,0	5,7	81,2	1,4
X \pm D.S.	0,7 \pm 0,1	5,8 \pm 0,6	5,4 \pm 0,3	6,0 \pm 0,3	80,6 \pm 0,6	1,5 \pm 0,1

*Hidratos de Carbono = g glucosa/100 g

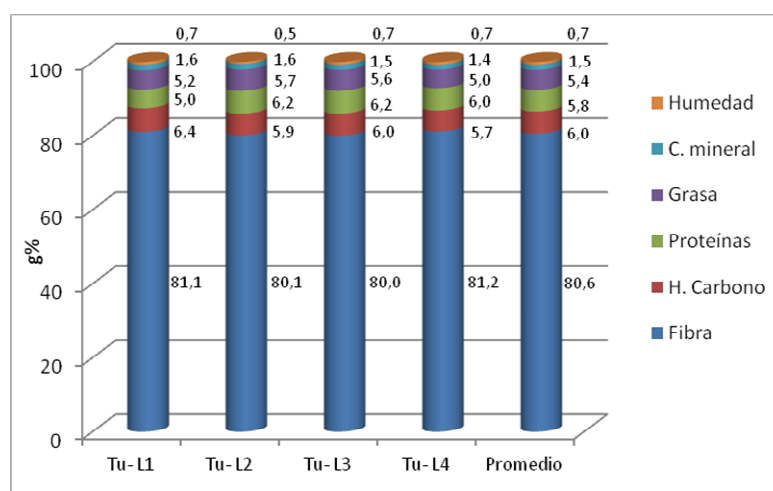


Figura Tu-4. Composición centesimal de la semilla de tuna y su distribución porcentual

El contenido de proteínas, grasa e hidratos de carbono fue del orden del 6 g/100 g en base a una humedad promedio de 0,7% y presentaron 1,5% de contenido mineral. Coşkuner y Tekin (2003) han señalado un contenido de grasa para la semilla de la tuna de 6,2%, valor que está cercano al rango encontrado en este estudio entre 5,0 y 5,7 g/100 g. Si bien el contenido de aceite de la semilla no es muy elevado, puede tener un uso potencial como fuente de aceite comestible.

La Tabla Tu-3 presenta la composición en ácidos grasos del aceite extraído de las semillas de tuna.

Tabla Tu-3. Ácidos grasos del aceite de la semilla de tuna (g/100 g AG)

ÁCIDOS GRASOS		Tu- L1	Tu- L2	Tu- L3	Tu- L4	X ± D.S.
Mirístico	14:0	0,09	0,12	0,12	0,08	0,10 ± 0,02
Palmitico	16:0	11,95	12,92	12,72	12,14	12,43 ± 0,50
Heptadecanoico	17:0	0,10	0,13	0,10	0,09	0,10 ± 0,02
Estearico	18:0	3,32	3,22	3,27	3,31	3,28 ± 0,05
Ecosanoico	20:0	0,32	0,32	0,35	0,32	0,33 ± 0,01
Docosanoico	22:0	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21 ± 0,00
Tetracosanoico	24:0	0,12	0,20	0,21	0,14	0,17 ± 0,04
AGS totales		16,11	17,12	16,98	16,29	16,62 ± 0,5
Palmitoleico	16:1n7	0,64	0,94	0,96	0,67	0,80 ± 0,17
Heptadecenoico	17:1	0,06	0,11	0,17	0,07	0,10 ± 0,05
Octadecenoico	18:1n9t	0,11	0,04	0,07	0,05	0,07 ± 0,03
Oleico	18:1n9	15,30	13,59	14,40	14,82	14,53 ± 0,72
Octadecenoico	18:1n7	3,81	5,71	5,61	3,87	4,75 ± 1,05
Eicosenoico	20:1n9	0,37	0,65	0,57	0,39	0,50 ± 0,14
Docosenoico	22:1n9	0,21	0,30	0,27	0,22	0,25 ± 0,04
AGMI totales		20,50	21,34	22,05	20,09	21,00 ± 0,87
Octadecadienoico	18:2c,t	0,68	0,43	0,44	0,65	0,60 ± 0,13
Linoleico	18:2n6	61,54	60,71	60,01	61,65	61,00 ± 0,77
Linolénico	18:3n3	0,91	0,40	0,44	0,86	0,58 ± 0,28
AGPI totales		63,13	61,54	60,89	63,16	62,18 ± 1,15
Relaciones						
AGPI:AGMI:AGS						4:1,3:1
Linoleico:Linolénico						105:1
Oleico: Linoleico						0,2:1

Dicho aceite presentó un perfil con la siguiente distribución: 16,62% de AGS, siendo el ácido palmítico 16:0 el mayoritario, con un promedio de 12,43% que correspondió al 75% del grupo de los AGS.

Los AGMI representaron el 21,0%, siendo el ácido oleico 18:1n9 el mayoritario con un promedio de 14,53% que representó el 69% de los AGMI.

El grupo mayoritario correspondió a los AGPI con un promedio de 62,18%, siendo el ácido linoleico el principal con un promedio de 61,0%, lo que representa el 98% de los AG de este grupo.

La relación entre los tres grupos (Figura Tu-6) está fuertemente influida por los AGPI, con AGPI:AGMI:AGS = 4:1,3:1, siendo esta poliinsaturación eminentemente de tipo n-6, ya que el ácido linolénico 18:3n-3 no alcanza al 1%.

La Figura Tu-5 (A) ilustra la distribución promedio de la composición en ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de tuna, mientras que la (B), ilustra los ácidos grasos minoritarios.

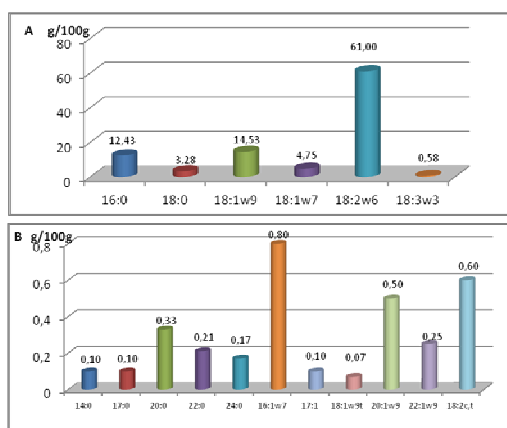


Figura Tu- 5. Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de la tuna

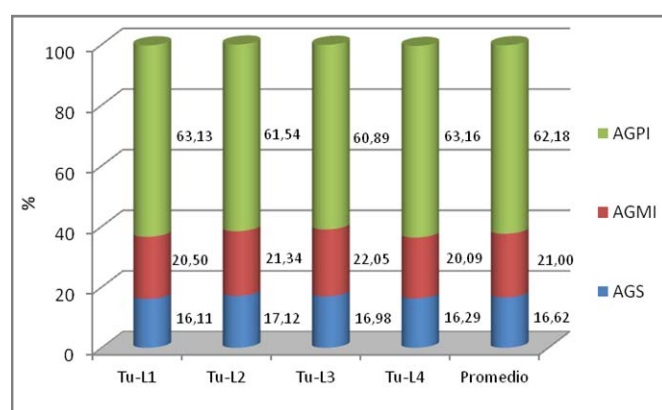


Figura Tu-6. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de tuna

Varios autores presentan perfiles de ácidos grasos de aceite de la semilla de tuna. Salvo *et al.* (2002) mencionan que este aceite contiene un 21% de AGMI y 61,3% de AGPI. Sawaya y Khan (1982) encontraron insaturaciones del orden de 82%, con un contenido de ácido linoleico de 73,4%, seguido de ácido palmítico 12%, oleico

8,8% y esteárico 5,8%. Coşkuner y Tekin (2003) encontraron 13,2-15,6% de palmítico, 3,3-4,8% de esteárico, 21,0-25,6% de oleico y 52,2-57,8% de linoleico, como mayoritarios.

Morales *et al.* (2011) han señalado, para el aceite extraído de las semillas de dos cultivares de xoconostle (*Opuntia jaconostle* F.A.C. Weber ex Duguet y *Opuntia matudae* Schneivar), unos contenidos de 16,86 y 12,10% para AGS respectivamente. El ácido palmítico representó el 12,35 y 9,42% respectivamente; los AGMI correspondieron a un 10,28 y 7,64% respectivamente, siendo el ácido oleico el mayoritario; los AGPI representaron el 72,85 y 80,26%, siendo el ácido linoleico el mayoritario.

Los datos de la composición en ácidos grasos del aceite de la semilla de la tuna *Opuntia ficus-indica* presentados en este trabajo, están dentro de los rangos señalados por los autores citados, con excepción de los de Morales *et al.* (2011), para la composición del aceite obtenido de las semillas de dos cultivares de xoconostle, en que coincide el contenido de AGS, pero hay diferencias en cuanto a los porcentajes de AGMI y AGPI.

Masson y Mella (1985) muestran la composición en ácidos grasos de otros aceites vegetales, que se podrían comparar con el aceite extraído de la semilla de tuna (Figura Tu-7 y Figura Tu-8). Los aceites seleccionados son: aceite de germen de trigo (*Triticum aestivum* L.) con 16,9% de AGS, 24,4% de AGMI (23,2% ácido oleico) y 58,6% de AGPI (53% ácido linoleico); de semilla de quinoa (*Chenopodium quinoa*) con 14,9% de AGS, 25,0% de AGMI (22,8% ácido oleico) y 58,3% de AGPI (50,5% ácido linoleico); de semilla de soja (*Glycine hispida*) con 14,7% de AGS, 22,3% de AGMI (22,0% ácido oleico) y 63,0% de AGPI (56% ácido linoleico); de semilla de tomate (*Solanum lycopersicum*) con 18,3% de AGS, 22,1% de AGMI (22,1% ác. oleico) y 59,5% de AGPI (59,5% ácido linoleico) y de semilla de tamarugo (*Prosopis tamarugo* Phil.) con 15,7% de AGS, 23,1% de AGMI (23,1% ácido oleico) y 61,2% de AGPI (61,2% ácido linoleico).

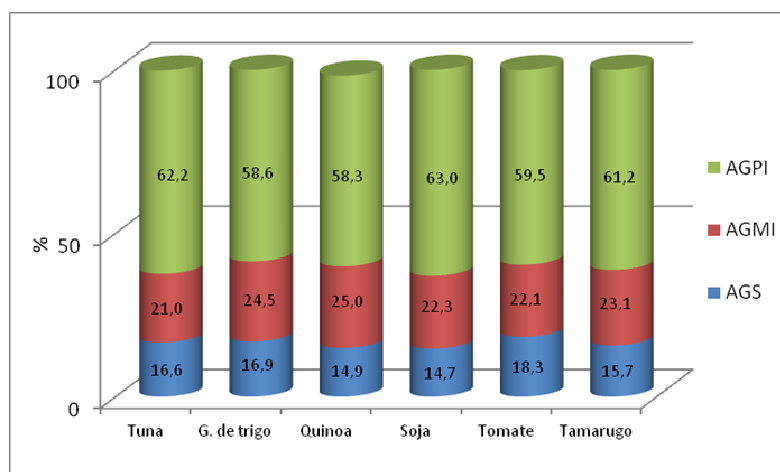


Figura Tu-7. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de tuna comparada con la de otros aceites de composición similar

Al realizar un análisis más detallado de los aceites que se han comparado con el aceite de la semilla de tuna, se pueden diferenciar los aceites de germen de trigo, quinoa y soja debido a su contenido de ácido linolénico 18:3n-3, el cual oscila entre 6 y 8%.

Por su parte, los aceites de semillas de tomate y tamarugo, poseen prácticamente la misma composición que el aceite de semilla de tuna, en que el ácido linolénico representa del orden del 0,5% (Figura Tu-8).

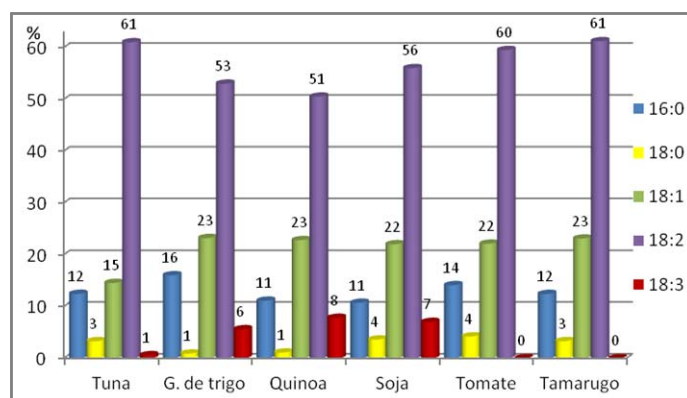


Figura Tu-8. Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de tuna comparado con otros aceites de composición parecida

Nyanzi *et al.* (2005) han estudiado la composición en ácidos grasos de aceite de semillas de *Passiflora* de Uganda, cuyo perfil se acerca al encontrado en este trabajo, para el aceite de semilla de tuna.

En la Tabla Tu-4 se presenta la distribución porcentual de los principales triglicéridos que conforman el aceite de la semilla de la tuna y en la Figura Tu-9 se muestra gráficamente el promedio de los principales triglicéridos.

Tabla Tu-4. Triglicéridos del aceite de la semilla de tuna (%)

Triglicérido	Notación	ECN	Tu- L1	Tu- L2	Tu- L3	Tu- L4	X \pm D.S.
Diloleillinolenina	LLLn	40	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4 \pm 0,1
Trilinoleína	LLL	42	29,1	27,0	26,1	30,2	28,1 \pm 1,9
Oleildilinoeína	OLL	44	26,8	25,9	25,5	29,1	26,8 \pm 1,6
Dilinoilpalmitina	LLP	44	18,4	18,0	15,5	14,8	16,7 \pm 1,8
Dioleillinoeína	OLO	46	7,4	9,0	10,7	6,9	8,5 \pm 1,7
Estearildilinoeína+ Oleillinoilpalmitina	SLL + OLP	46	14,6	16,0	18,0	15,1	15,9 \pm 1,5
Dipalmitoillinoeína	PLP	46	1,0	1,2	1,2	1,1	1,1 \pm 0,1
Trioeína	OOO	48	0,8	1,0	1,0	0,8	0,9 \pm 0,1
Estearillinoiloleína	SLO	48	1,4	1,6	1,7	1,6	1,6 \pm 0,1

ECN = N° Equivalente de Carbonos = CN-2DB

CN = N° total de C de la cadena, 2DB = 2 veces el N° de dobles enlaces

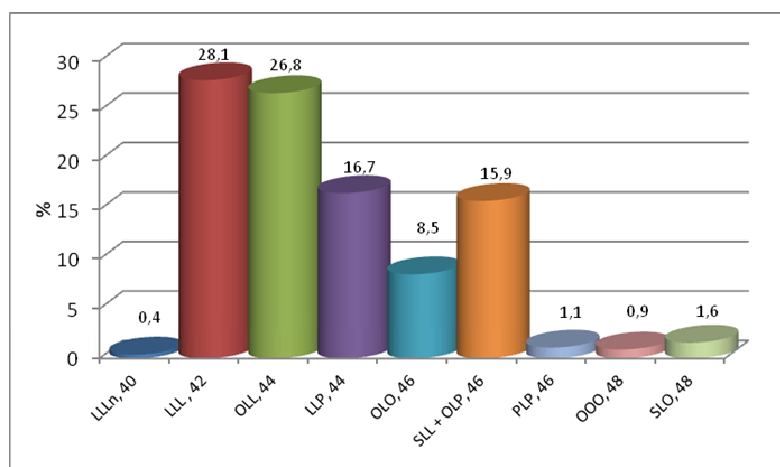


Figura Tu-9. Distribución porcentual promedio de los triglicéridos del aceite de la semilla de tuna

Dado que el ácido linoleico 18:2n-6 es el que está en mayor porcentaje, en torno a 60%, las especies de triglicéridos presentes en el aceite de semilla de tuna que lo contienen son las mayoritarias, destacando LLL y OLL con 28% y 27% respectivamente. Ambas representan el 54,9% de las especies de triglicéridos presentes en este aceite. También son importantes los triglicéridos LLP, OLP y OLO con 16,7; 15,9 y 8,5%, respectivamente, que incluyen a los otros ácidos grasos

mayoritarios, ácido oleico 18:1n-9 y ácido palmítico 16:0, que representan el 12 y 14% de los ácidos grasos presentes en el aceite de semilla de tuna, respectivamente.

El estudio de los tocoles (Tabla Tu-5 y Figura Tu-10) muestra como más interesante el contenido mayoritario de γ -Tocoferol, con un promedio de 317 mg/kg lo que representa el 87% del total de tocoles presentes, siendo un activo antioxidante que brinda protección natural a este aceite; el α -Tocoferol representa sólo 13% del total. La presencia mayoritaria de γ -Tocoferol, se justifica por la alta poliinsaturación de este aceite representada por 61% de ácido linoleico.

Tabla Tu-5. Tocolos del aceite de la semilla de la tuna (mg/kg)

TOCOLES	Tu- L1	Tu- L2	Tu- L3	Tu- L4	X \pm D.S.
α -Tocoferol	14	14	18	19	16 \pm 2
γ -Tocoferol	307	331	312	320	317 \pm 10
Total	331	345	330	339	333 \pm 10

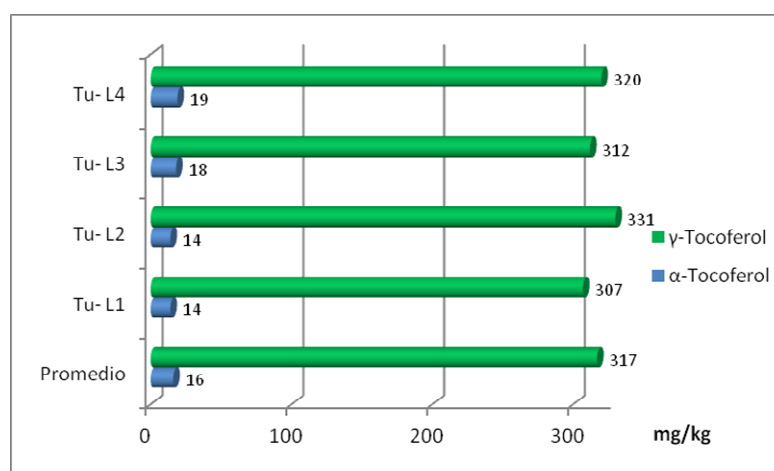


Figura Tu-10. Tocolos del aceite de la semilla de tuna

Morales *et al.* (2011), han señalado también al γ -Tocoferol como mayoritario en el aceite extraído de las semillas de dos cultivares de xoconostle (*Opuntia jaconostle* F.A.C. Weber ex Diguet y *Opuntia matudae* Schneivar).

Nos ha parecido interesante comparar el contenido de tocoles del aceite de la semilla de tuna con el de germen de trigo, quinoa, soja y tomate (Figura Tu -11). Al comparar el contenido de tocoles en los aceites mencionados, se puede observar que existe diferencia entre ellos.

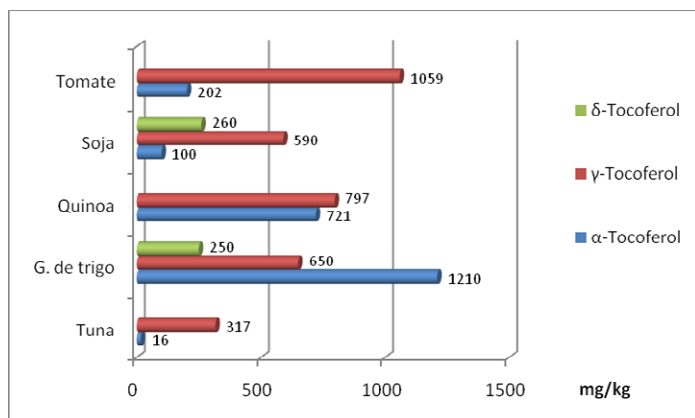


Figura Tu-11. Tocolos del aceite de la semilla de tuna comparados con los de otros aceites de composición similar

El aceite de germen de trigo contiene α y γ -Tocoferol, con valores de 1210 y 240 mg/kg, respectivamente, siendo el aceite con mayor contenido (Gunstone, 2007). El aceite de semilla de quinoa, presenta valores de α - γ -tocoferol del orden de 700 mg/kg.

El aceite de soja, contiene α y γ -Tocoferol, en menor cantidad, llegando a 100 y 590 mg/kg, respectivamente; también contiene δ -tocoferol, en una cantidad promedio de 260 mg/kg. El aceite de semilla de tomate presenta valores de 202 y 1059 mg/kg para α y γ -Tocoferol, respectivamente (Gunstone, 2007). El aceite de semilla de tuna es el que comparativamente presenta el menor contenido. Estas diferencias son importantes para diferenciar aceites que presentan composiciones en ácidos grasos parecidas.

El estudio de los fitoesteroles se recoge en la Tabla Tu-6, en la Figura Tu-12 y en la Figura Tu-13 el estudio comparativo con otros aceites similares.

Tabla Tu-6. Fitoesteroles del aceite de semilla de tuna (mg/kg)

FITOESTEROLES	Tu- L1	Tu- L2	Tu- L3	Tu- L4	X ± D.S.
Campesterol	356	406	417	386	391 ± 27
Estigmasterol	774	803	877	802	814 ± 44
β-Sitosterol	1339	1499	1577	1521	1484 ± 102
Δ5-Avenasterol	102	128	196	115	135 ± 42
Δ7-Estigmastenol	138	365	297	218	255 ± 98
Total	2709	3201	3364	3042	3079 ± 279

La fracción esterólica está integrada principalmente por β-sitosterol con un contenido promedio de 1484 mg/kg que representa el 48,2% del total de fitoesteroles; le sigue el estigmasterol con 814 mg/kg, que representa el 26,4%, campesterol con 391 mg/kg (12,7%) y otros esteroides insaturados (12,7%).

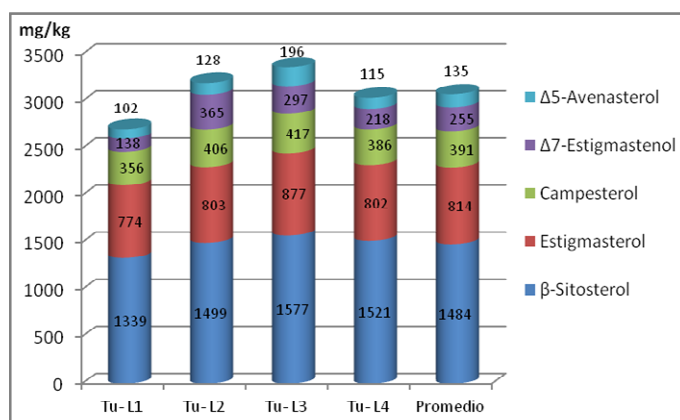


Figura Tu-12. Fitoesteroles del aceite de la semilla de tuna

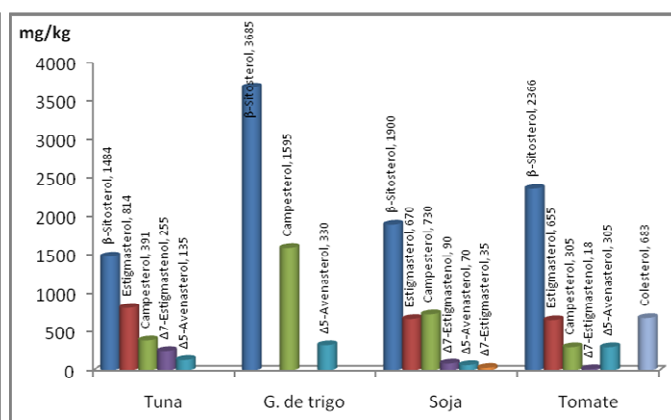


Figura Tu-13. Fitoesteroles del aceite de la semilla de tuna comparado con otros aceites de composición similar

Salvo *et al.* (2002) señalaron para el nopal los siguientes contenidos: para β-sitosterol 61,4%, para campesterol 16,5%, para estigmasterol 4,2% y una fracción remanente de otros esteroides insaturados 6,2%; entre estas dos composiciones se percibe cierta similitud. Las diferencias pueden deberse a factores asociados directamente a características propias de la materia prima, en que influye variedad y clima entre otros.

Al comparar los fitoesteroles presentes en el aceite de la semilla de tuna, germen de trigo, soja y tomate, destaca el alto contenido en el de germen de trigo, con un promedio total de 5500 mg/kg, siendo el mayoritario el β -sitosterol con 3685 mg/kg. Le siguen en importancia el campesterol y el Δ^5 -avenasterol con 1595 y 330 mg/kg, respectivamente (Firestone, 2006). En los aceites de la semilla de tuna, soja y tomate, los contenidos de fitoesteroles son similares; el β -sitosterol, fluctúa entre 1500 y 2400 mg/kg, el estigmasterol está entre 600 y 800 mg/kg y el campesterol cercano a los 300 mg/kg, excepto en el aceite de semilla de la soja que supera los 700 mg/kg. Destaca dentro de la composición de esteroides del aceite de tomate, el contenido de colesterol, para el que se ha informado un promedio de 683 mg/kg con un rango entre 563 y 693 mg/kg, lo cual es característico de la familia de las Solanáceas (Lazos *et al.*, 1998, Eller *et al.*, 2010).

4.1.3. Conclusiones respecto a la semilla de tuna y su aceite

- La semilla de tuna presenta como componente mayoritario la fibra con un promedio de 80,6%.
- Si bien el contenido de aceite de las semillas es bajo, 5,4%, puede constituir un subproducto de la industria de jugos, que potencialmente puede ser una nueva fuente de aceite comestible.
- El aceite de la semilla de la tuna se caracteriza por:
 - Ser preferentemente poliinsaturado con un promedio de 61% de ácido linoleico 18:2n-6, representando una buena fuente de este ácido graso esencial.
 - El γ -Tocoferol es el tocol principal (317 mg/kg) normalmente presente en aceites altamente poliinsaturados como es este caso y que es un excelente antioxidante natural.
 - Su contenido de fitoesteroles es del orden de 3000 mg/kg, valor inferior al que presentan otros aceites de composición en AG similar.
 - De acuerdo a las características señaladas, este aceite no presenta propiedades nutricionales que pudieran hacer que se considere potencialmente como alimento o ingrediente funcional.

4.1.4. Bibliografía sobre la semilla de tuna y su aceite

- Barbera, G., Inglese, P. y Pimienta E. 1999. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 132. Roma.
- Basurto Santos D., Lorenzana-Jiménez M., Magos Guerrero G.A. 2006. Utilidad del nopal para el control de la glucosa en la diabetes mellitus tipo 2. Rev. Med. UNAM 49,157 – 162.
- Bautista-Justo, M., Pineda Torres, R. I., Camarena-Aguilar, E., Alanis-Guzmán, G., Da Mota, V.N., y Barboza-Corona, J.E. 2010. El Nopal fesco como fuente de fibra y calcio en panqués. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México. Acta Universitaria 20, 11-17.
- Bravo, H., 1978. Las Cactáceas de México. Tomo 1. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Coşkun, Y. and Tekin, A. 2003. Monitoring of seed composition of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L) fruits during maturation period. J. Sci. Food Agric. 83(8): 846 – 849.
- Eller, F., Moser, J., Kenar, J. And Taylor, S. 2010. Extraction and analysis of tomato seed oil. J. Am. Oil Chem. Soc., 87:555-762.
- Espinoza, N.A., González, A., Pineda, M.C., González, L. y Bernardino, A. 2006. Obtención de dulces a partir del nopal (*Opuntia robusta* wendl). Rev. Salud Pub. Y Nutrición 14, 1.
- Firestone D. 2006. Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats and Waxes . 2nd Edition. AOCS Press . USA. page 167.
- Granados, D. y Castañeda, A. 1996. El Nopal. 2ª Reimpresión, Ed. Trillas, México.
- Gunstone, F., Harwood, J. and Dijkstra, A. 2007. The lipids Handbook. Third edition, CRC Press Taylor & Francis Group, USA. page 67
- Lazos, E., Tsaknis, J. y Lalas, S. 1998. Characteristics and composition of tomato seed oil. Grasas y Aceites. 49 (5-6): 440-445.
- Masson, L. y Mella, M. 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.
- Morales P., Ramírez-Moreno E., Sanchez-Mata Mde C., Carvalho A.M., Ferreira I.C.F.R. Nutritional and antioxidant properties of pulp and seeds of two xoconostle cultivars (*Opuntia joconostle* F.A.C. Weber ex Diguesst and *Opuntia matudae*

Scheinvar) of high consumption in Mexico. Food Science and Technology. En prensa, aceptado.

Nobel, P.S. y Bobich, E.G. 2002. Environmental Biology. 57-74. In: Nobel, P.S. ed. Cacti, Biology and uses. Ed. University of California Press. Los Angeles, California, Estados Unidos de América.

Nyanzi, S.A., Carstensen, B., and Schwack, W. 2005. A Comparative Study of Fatty Acid Profiles of *Passiflora* Seeds from Uganda. J.Am.Oil.Chem.Soc. 82, 41-44.

Pimienta, E., 1990. El nopal tunero. Universidad de Guadalajara, México.

Pimienta Barrios, E. y Muñoz-Urías, A. 1999. Domesticación de nopales tuneros (*Opuntia* spp.) y descripción de las principales variedades cultivadas. 61-67. In: Barbera, G., Inglese, P. y Pimienta Barrios, E., Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 132. Roma.

Quezada, W., Almeida, F., Báez Muñoz, O., Santiago, L. 2011 a. Elaboración y evaluación de conservas en almíbar y salmuera a partir de penca de nopal (*Opuntia ficus-indica*). Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ecuador, www.utn.edu.ec

Quezada, W., Bolaños, C., Gudiño Acosta, M.F., Santiago, D. 2011 b. Determinación de los parámetros óptimos de proceso para la estabilización del mucílago de nopal (*Opuntia* spp.) con fines industriales. Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ecuador. www.utn.edu.ec

Sáenz, C., 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 162. Roma.

Salvo, F., Galati, E., Lo curto S. and Tripodo M. 2002. Study on the chemical characterization of lipid composition of *Opuntia ficus-indica* L. seed oil. Rivista Italiana delle Sostanze Grasse 79 (11): 395-398.

Sawaya, W. and Khan, P. 1982. Chemical Characterization of Prickly Pear Seed Oil, *Opuntia ficus-indica* Journal of Food Science 47(6): 2060–2061.

Scheinvar, L. 1999. Taxonomía de las *Opuntias* utilizadas. Pp. 21-28. In: Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 132. Roma.

Sudzuki, F. 1999. Anatomía y morfología. Pp. 29-36. In: Barbera G, Inglese P y Pimienta E. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 132. Roma.

- Sudzuki, F., Muñoz, C. y Berger, H. 1993. El cultivo de la tuna (*Cactus pear*). Departamento de Producción Agrícola. Universidad de Chile.
- Valencia Sandoval, K. 2010. Evaluación del nopal verdura como alimento funcional mediante opciones reales. Tesis Maestría en Ciencia, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Valdez Cepeda R.D., Blanco Macías, F., Vásquez Alvarado, R. y Magallanes Quintana R. 2008. Producción y usos del nopal para verdura. VI Simposium Taller Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noroeste de México, Revista Salud Pública y Nutrición N° 14.
- Villegas, y de Gante, M., 1997. Los Nopales (*Opuntia* spp.) recursos y símbolos tradicionales en México. 271-273. *In*: Memorias. VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.

4.2. Zarzamora (*Rubus ulmifolius*)

Botánicamente la zarzamora pertenece a la familia *Rosaceae*. Los nombres vernáculos principales son: zarzamora, murra, zarza, mora de Castilla, mora.

4.2.1. Aspectos generales de la zarzamora

Descripción

Este fruto procede de un arbusto sarmentoso; con tallos cilíndricos espinosos; hojas 3 – 5 foliadas foliolos ovalados, serrados, blanquecinos por debajo; flores blancas o rosadas y frutos ovoides o subglobosos, de 1,2 – 1,5 cm de diámetro, compuestos de varias drupas negras (Muñoz *et al.*, 1981).

El fruto de la zarzamora (*Rubus ulmifolius*) (Peñaloza, 2004; Espinosa, 2011) es un aquenio, constituido por diminutas drupas unidas al receptáculo desarrollado y carnoso; su color varía de rojo a negro brillante conforme a su estado de madurez. El peso del fruto varía entre 3,0 y 5,0 g; es de consistencia firme y sabor agridulce; su pulpa es rojiza-oscura y en ella se encuentran las semillas.



Masson, 2002

Figura Zar-1. Planta y fruto de la zarzamora

Dadas sus características, el fruto (Figura Zar-1) es altamente perecedero, por lo que la cosecha debe hacerse cuando el fruto ha llegado a su madurez comercial, es decir, cuando tiene color rojo-violeta, con suficiente firmeza y textura, de forma que se evita el deterioro del fruto.

Distribución geográfica

La planta fue introducida en Chile procedente de Europa para cerco vivo y se ha transformado en una maleza difícil de combatir. Se encuentra desde la Región

Metropolitana 33° 55' latitud sur, hasta la Región de los Lagos, 41° 27' latitud sur. En Chile, el primer estudio del fruto de la zarzamora fue realizado por Pennacchiotti y Vargas en 1951.

Usos

En Chile, los frutos maduros (Figura Zar-2) se consumen frescos, congelados, como procesados en forma de mermelada. En otros países se elaboran además productos concentrados tales como néctares, jugos pasteurizados, deshidratados, dulces untables o salsas, entre otros.

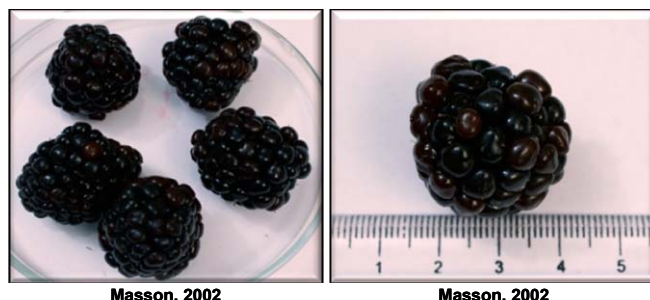


Figura Zar-2. Fruto de la zarzamora

También se utiliza la raíz se emplea como hipoglicemiante.

4.2.2. Estudio analítico de la semilla de zarzamora y su aceite

Material de análisis

Se obtuvieron dos lotes de semillas limpias y estabilizadas de zarzamora donadas por la empresa T&W Novbeltec. Cada lote estuvo constituido por una bolsa de aproximadamente 3 kg, provenientes de La Región de la Araucanía y de Los Lagos, 30° 43' – 41° 27' latitud sur, Chile. Los lotes se designaron Zar-L1 y Zar-L2 y la fecha de muestreo fue abril de 2002. Posteriormente se obtuvieron muestras de frutos de zarzamora de las mismas zonas para efectuar una caracterización general del fruto e incorporar algunas imágenes. Cada lote de semilla se sometió a procedimiento de cuarteo, obteniéndose una muestra de aproximadamente 350 g por lote.

Almacenamiento

Las semillas obtenidas del cuarteo de cada lote se guardaron en frascos herméticos con contratapa y tapa DE rosca debidamente rotulados, que se mantuvieron a temperatura de refrigeración (4°C) hasta su análisis.

Caracterización de la semilla

De cada cuarteo se tomaron al azar 15 semillas, $n = 30$, para determinar peso, largo y ancho promedio de una semilla, calculándose para cada atributo el valor promedio \pm DS.

Muestra de análisis

Estuvo constituida por el homogeneizado obtenido en un molinillo de laboratorio Krupp del total de la muestra obtenida del cuarteo, aproximadamente 350 g de semillas.

Resultados y discusión de las características de la semilla de zarzamora y su aceite

La caracterización de la semilla de zarzamora, su composición centesimal y las características químicas del aceite extraído correspondiente a los dos lotes analizados Zar-L1 y Zar-L2, con su respectivo valor promedio \pm DS, se presentan en las Tablas y Figuras siguientes:

Tablas:

- Tabla Zar-1 Caracterización del fruto y de la semilla de zarzamora.
- Tabla Zar-2 Composición centesimal de la semilla de zarzamora (g/100 g).
- Tabla Zar-3 Ácidos grasos del aceite de la semilla de zarzamora (g/100 g AG).
- Tabla Zar-4 Triglicéridos del aceite de la semilla de zarzamora (%).
- Tabla Zar-5 Tocolos del aceite de la semilla de zarzamora (mg/kg).
- Tabla Zar-6 Fitoesteroides del aceite de la semilla de zarzamora (mg/kg).

Figuras:

- Figura Zar-3 Imágenes de la semilla de zarzamora.
- Figura Zar-4 Composición centesimal de la semilla de zarzamora y su distribución porcentual.
- Figura Zar-5 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de zarzamora.
- Figura Zar-6 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de zarzamora.
- Figura Zar-7 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de zarzamora comparada con la de otros aceites de composición similar.
- Figura Zar-8 Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de zarzamora comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Zar-9 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de semilla de zarzamora.
- Figura Zar-10 Tocolos del aceite de la semilla de zarzamora.
- Figura Zar-11 Tocolos del aceite de la semilla de zarzamora comparados con los de otros aceites de composición similar.
- Figura Zar-12 Fitoesteroles del aceite de la semilla de zarzamora.
- Figura Zar-13 Fitoesteroles del aceite de la semilla de zarzamora comparados con los de otros aceites de composición similar.

En términos generales, las semillas del fruto de zarzamora son pequeñas, de color levemente rosa (Figura Zar-3) y representan del orden de 3% del peso de cada fruto. Tienen una longitud y ancho promedio de 2,3 y 1,1 mm, respectivamente (Tabla Zar-1).

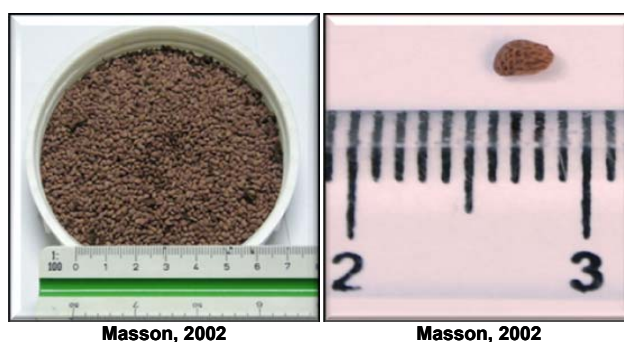


Figura Zar-3. Imágenes de la semilla de la zarzamora

Tabla Zar-1. Caracterización del fruto y de la semilla de zarzamora

	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	PESO (mg)	N° SEMILLAS/FRUTO
Fruto (n=30)	23 ± 5,0	18 ± 5,0	2800 ± 350	60 ± 17
Semilla (n=30)	2,3 ± 0,5	1,1 ± 0,2	1,4 ± 0,1	-

El peso promedio de cada semilla fue de 1,4 mg y cada fruto contiene 60 semillas aproximadamente. Las dimensiones del fruto promedio son 23 y 18 mm de largo y ancho, respectivamente, y un peso de 2800 mg. Los frutos son de color morado oscuro, jugo rosa - violeta intenso, muy dulces.

Las semillas de zarzamora se obtuvieron de un proveedor y su humedad es algo superior a las obtenidas en el laboratorio y desecadas, como es el caso de otras de las semillas estudiadas. El valor encontrado es próximo al 8%, valor que la industria considera suficiente para estabilizar las semillas.

Tabla Zar-2. Composición centesimal de la semilla de zarzamora (g/100 g)

	Humedad	Proteínas (Nx6,25)	Grasa	Hidratos de Carbono*	Fibra	Contenido mineral
Zar-L1	7,9	10,1	17,3	9,2	53,6	1,9
Zar-L2	8,2	10,1	15,8	9,1	54,8	2,1
X ± D.S.	8,1 ± 0,2	10,1 ± 0,0	16,5 ± 1,0	9,2 ± 0,1	54,1 ± 0,8	2,0 ± 0,1

*Hidratos de Carbono = g de glucosa/100 g

Destaca el contenido de fibra que alcanzó 54,1% en promedio. Las proteínas, la materia grasa y los hidratos de carbono son también importantes con 10,1; 16,5 y 9,2%, respectivamente, el contenido mineral fue de 2% en promedio (Tabla Zar-2, Figura Zar-4).

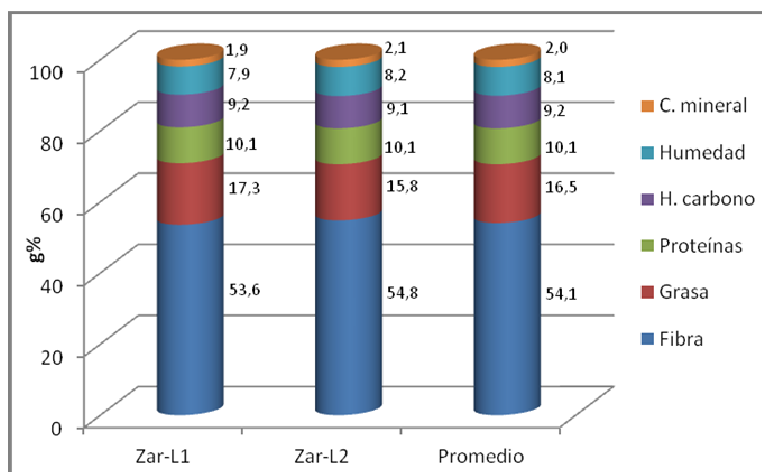


Figura Zar-4. Composición centesimal de la semilla de zarzamora y su distribución porcentual

El contenido de grasa es el segundo en importancia después de la fibra. En comparación con materias primas oleaginosas de uso convencional (Bernardini y Baquero, 1986) la grasa de la semilla de zarzamora, con un promedio de 16,5%, se considera de nivel medio y es similar al correspondiente a otras materias grasas de interés como la de semilla de mango (*Manguifera indica*) (Moreno-Álvarez, 1999; Belén *et al.*, 2000), y de soja (Masson *et al.*, 1971).

La composición en ácidos grasos (g/100 g AG) del aceite de la semilla de zarzamora (Tabla Zar-3 y Figura Zar-5) dan idea de que se trata de un aceite con predominio de los AGPI, con un contenido promedio de 68,95 g/100 g, de los cuales, el ácido linoleico 18:2n-6 es el mayoritario con 59,03 g/100 g AG que corresponde al 85% de ese grupo, en el cual también es importante el ácido α -linolénico 18:3n-3 con 9,18 g/100 g AG. En cuanto al grupo de los AGMI con un 20,94%, el ácido oleico 18:1n-9 con un valor de 19,8 g /100 g AG representa el 95% de la fracción presente.

Los AGS también están presentes en el aceite de la semilla de zarzamora, en un porcentaje minoritario de 10,1% y de ellos los ácidos palmítico 16:0 y esteárico 18:0 son los mayoritarios con 4,68 y 4,15 g /100 g AG, respectivamente, representando el 87% de ese grupo.

Tabla Zar-3. Ácidos grasos del aceite de la semilla de zarzamora (g /100 g AG)

ÁCIDOS GRASOS		Zar-L1	Zar-L2	X ± D.S.
Palmítico	16:0	4,73	4,63	4,68 ± 0,07
Heptadecanoico	17:0	0,13	0,13	0,13 ± 0,00
Estearico	18:0	4,26	4,03	4,15 ± 0,16
Ecosanoico	20:0	1,01	1,00	1,01 ± 0,01
Docosanoico	22:0	0,14	0,12	0,13 ± 0,01
AGS totales		10,27	9,91	10,1 ± 0,25
Heptadecenoico	17:1	0,08	0,09	0,09 ± 0,01
Octadecenoico	18:1n9t	0,24	0,3	0,27 ± 0,04
Oleico	18:1n9	20,05	19,55	19,80 ± 0,35
Octadecenoico	18:1n7	0,36	0,36	0,36 ± 0,00
Octadecenoico	18:1	0,06	0,11	0,08 ± 0,03
Eicosenoico	20:1n9	0,33	0,34	0,34 ± 0,01
AGMI totales		21,12	20,75	20,94 ± 0,26
Octadecadienoico	18:2c,t	0,23	0,16	0,20 ± 0,05
Octadecadienoico	18:2c,t	0,08	0,04	0,06 ± 0,03
Linoleico	18:2 ω6	58,29	59,78	59,03 ± 1,00
Octadecadienoico	18:2	0,37	0,33	0,35 ± 0,03
Linolénico	18:3 ω3	8,93	9,43	9,18 ± 0,35
Octadecatetraenoico	18:4	0,15	0,10	0,13 ± 0,04
AGPI totales		68,05	69,84	68,95 ± 1,3
Relaciones				
AGPI : AGMI : AGS				7:2:1
Linoleico : Linolénico				6:1
Oleico: Linoleico				0,3:1

La Figura Zar-6 muestra la distribución de los tres grupos de ácidos grasos presentes en el aceite de semilla de zarzamora, quedando patente la importancia cuantitativa de los AGPI.

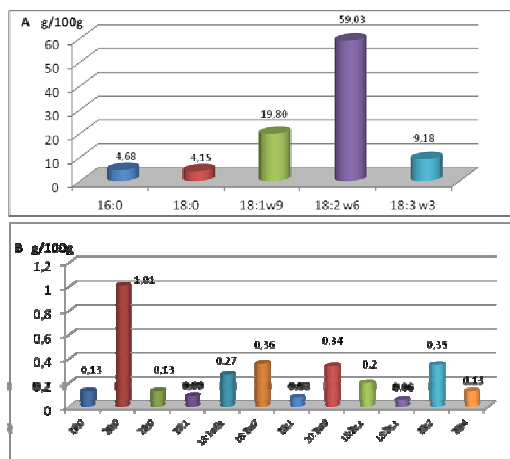


Figura Zar-5. Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de zarzamora

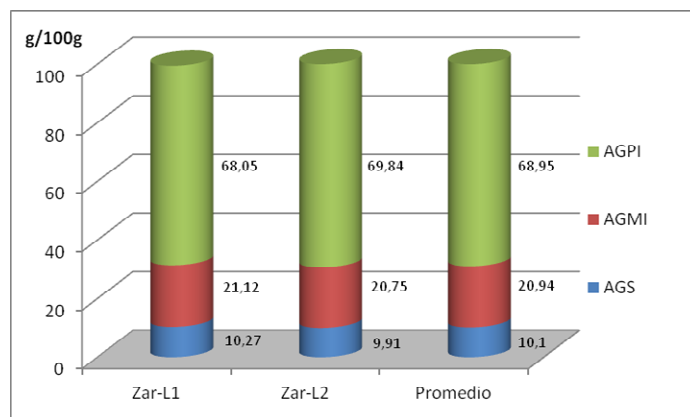


Figura Zar-6. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de zarzamora

En relación a datos de la literatura sobre este aceite, Garcia *et al.* (2003) informaron para el aceite extraído de residuos de mora (*Rubus glaucus* Benth) que incluye semilla y restos de pulpa, un contenido de 29,63% de ácido linoleico, 55,39% de ácido oleico y no menciona el ácido α -linolénico. Esta diferencia puede deberse al origen y factores agroclimáticos en relación a la procedencia de las muestras, estado de Aragua, Venezuela.

El aceite de la semilla de zarzamora presenta una distribución de sus AGS, AGMI y AGPI comparable a la que tienen los aceites extraídos de las semillas de:

- Nuez (*Juglans regia*): AGS, 11,4%; AGMI, 17,3%; AGPI, 71,3%;
- Soja (*Glycine hispida*): AGS, 14,7%; AGMI, 22,3%; AGPI, 63,0%.

Al individualizar los ácidos grasos más importantes de estos aceites y compararlos con los de la semilla de zarzamora, se puede observar que el aceite de nuez y el de soja poseen una composición bastante similar a la de este aceite. Presentan un contenido de ácido linoleico de 60 y 56% respectivamente, de ácido linolénico de 11 y 7% respectivamente y de AGS de 11,4 y 14,7% respectivamente. (Masson y Mella, 1985).

Martínez *et al.* (2006) confirman los datos para aceite de nuez (*Juglans regia*): AGS, 9,1%; AGMI, 21,3%; AGPI, 69,5%. La comparación de los aceites antes mencionados con el aceite de la semilla de zarzamora se presenta en las Figuras Zar-7 y Zar-8, observándose gráficamente la similitud en la composición en AG.

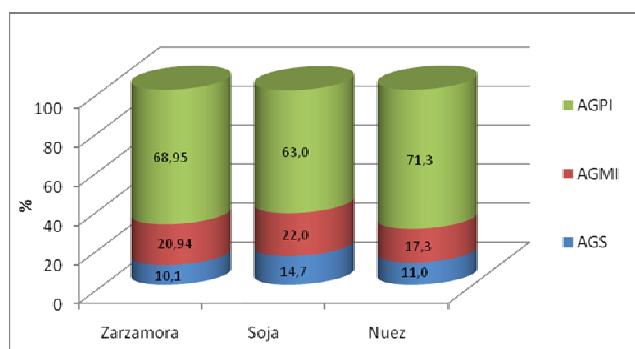


Figura Zar-7. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de zarzamora comparada con otros aceites de composición similar

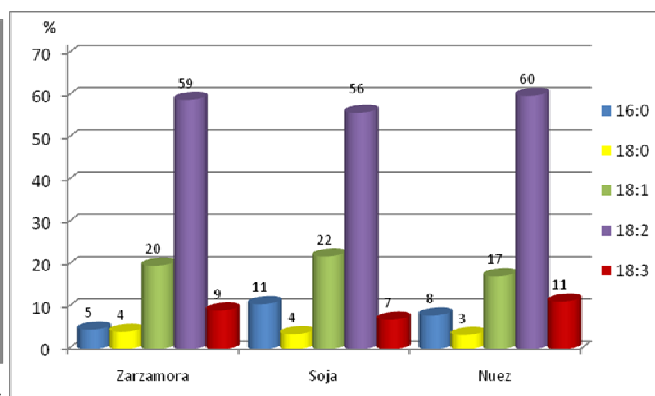


Figura Zar-8. Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de zarzamora comparados con otros aceites de composición similar

En cuanto a los triglicéridos (Tabla Zar-4 y Figura Zar-9), los predominantes contienen ácido linoleico 18:2n-6, confirmando la clasificación de este aceite como poliinsaturado; este ácido graso está presente formando di y trilinoleinas, en un valor del orden del 70%.

Tabla Zar-4. Triglicéridos del aceite de la semilla de zarzamora (%)

TRIGLICERIDOS	Notación	ECN	Zar-L1	Zar-L2	X ± D.S.
Dilinolenillinoleína	LnLnL	38	5,2	5,3	5,3 ± 0,1
Dilinoileillinolenina	LLLn	40	11,0	10,4	10,7 ± 0,4
Trilinoleína	LLL	42	29,1	29,4	29,2 ± 0,2
Oleillinoileillinolenina	OLLn	42	3,8	3,8	3,8 ± 0,0
Linolenillinoileilpalmitina	LnLP	42	2,5	2,4	2,4 ± 0,1
Oleildilinoleína	OLL	44	23,2	22,2	22,7 ± 0,7
Dilinoileilpalmitina	LLP	44	6,9	6,3	6,6 ± 0,2
Dioleilinoileína	OLO	46	9,8	9,5	9,7 ± 0,2
Dilinoileilestearina + Oleillinoileilpalmitina	SLL+OLP	46	1,9	3,7	2,8 ± 1,2
Trioleina	OOO	48	2,0	2,3	2,1 ± 0,2
Estearillinoileiloleina	SLO	48	4,6	4,7	4,7 ± 0,1

ECN = N° Equivalente de Carbonos = CN-2DB

CN = N° total de C de la cadena, 2DB = 2 veces el N° de dobles enlaces

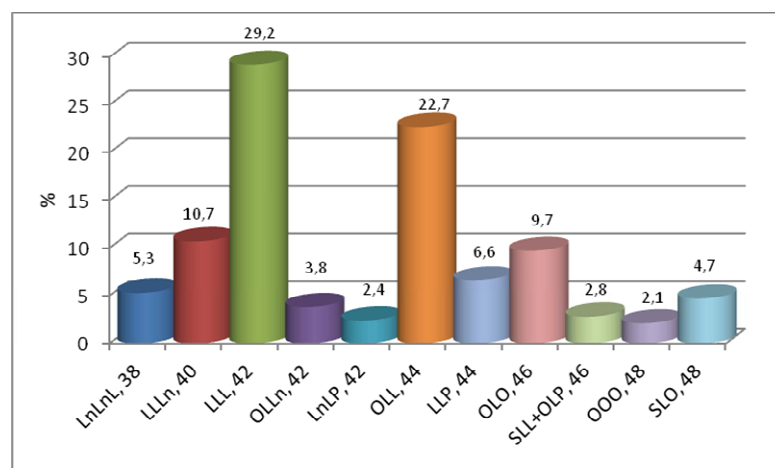


Figura Zar-9. Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de zarzamora

En comparación con los TG presentes en el aceite de soja, como es de esperarse, existen similitudes, por ejemplo, el aceite de soja contiene OLL, LLL, OOL, LnPnL, LnLO, OOO, EOL y LnLP en rangos de 16-25,9; 17,6-20,6; 6,3-11,8; 1,3-3,1; 3,8-4,8; 1,4-3,3; 1,8-4,2 y 2,4-3,7% respectivamente, que son coincidentes con los encontrados para el aceite de la semilla de zarzamora (Firestone, 2006).

Los tocoles determinados en el aceite de la semilla de zarzamora (Tabla Zar-5 y Figura Zar-10) nos indican que el total de tocoles fue de 1513 ± 73 mg/kg, siendo el mayoritario el γ -Tocoferol con 1403 ± 74 mg/kg, lo que representa el 93% del total.

El aceite de la semilla de zarzamora se puede considerar una buena fuente de este componente bioactivo, siendo el γ -Tocoferol un buen antioxidante “in vitro”.

Tabla Zar-5. Tocolos del aceite de la semilla de zarzamora (mg/kg)

TOCOLES	Zar-L1	Zar-L2	X \pm D.S.
α -Tocoferol	26	27	27 ± 1
γ -Tocoferol	1351	1456	1403 ± 74
δ -Tocoferol	84	82	83 ± 1
Total	1461	1565	1513 ± 73

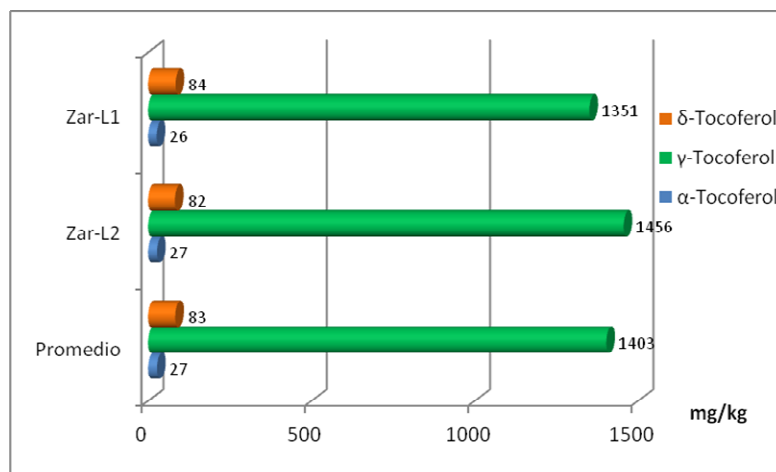


Figura Zar-10. Tocolos del aceite de la semilla de la zarzamora

Nuevamente para esta semilla se recoge de forma gráfica (Figura Zar-11) la composición de tocoles del aceite de la semilla de zarzamora comparada con la del aceite de soja y nuez.

El aceite de la semilla de soja (*Glycine max*), presenta valores de α-Tocopherol de 100, β-Tocopherol 26, γ-Tocopherol 775 y δ-Tocopherol 300 mg/kg con un total de 1201 mg/kg (ISO/TC 34/SC 11, 1993). El aceite de semilla de nuez (*Juglans regia*) tiene valores muy diferentes y muy bajos, con un total 200 mg/kg; 10 de α-Tocopherol, 170 de γ-Tocopherol, y 20 de δ-Tocopherol (Gungstone, 2007). El aceite de la semilla de zarzamora supera largamente a estos dos aceites en estos componentes bioactivos.

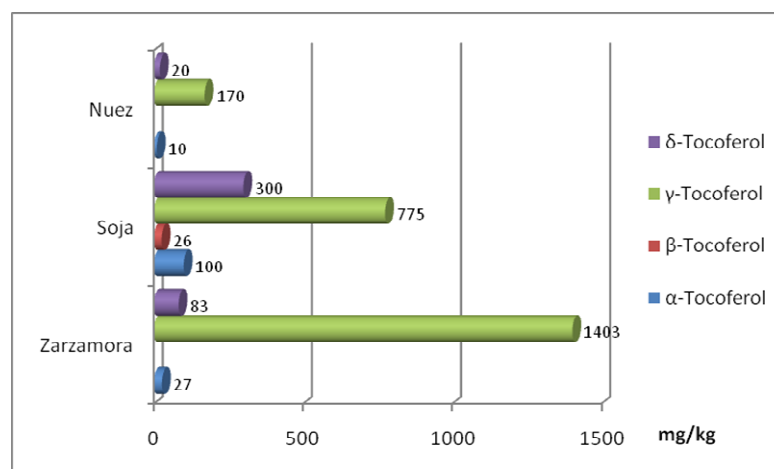


Figura Zar-11. Tocolos del aceite de la semilla de zarzamora comparada con otros aceites de composición similar

Los fitoesteroles del aceite de la semilla de zarzamora (Tabla Zar-6 y Figura Zar-12).

Tabla Zar-6. Fitoesteroles del aceite de la semilla de zarzamora (mg/kg)

FITOESTEROLES	Zar-L1	Zar-L2	X \pm D.S.
Colesterol	11	11	11 \pm 0
Campesterol	223	240	231 \pm 12
Estigmasterol	63	64	64 \pm 1
β -Sitosterol	3987	4174	4080 \pm 133
Δ 5-Avenasterol	45	51	48 \pm 4
Δ 7 Estigmastenol	86	94	91 \pm 4
Δ 7Avenasterol	34	36	35 \pm 1
Total	4449	4670	4560 \pm 156

El total de fitoesteroles correspondió a un promedio de 4560 \pm 156 mg/kg, siendo el β -sitosterol el mayoritario con 4080 \pm 133 mg/kg representando el 89% del total, lo que es habitual en la mayoría de los aceites de origen vegetal; le sigue el campesterol, que aporta sólo un 5% del total.

Además, el contenido de estos compuestos del aceite de semilla de zarzamora, se ha comparado con el de los aceites de la semilla de soja y de nuez y se presentan en la Figura Zar-13.

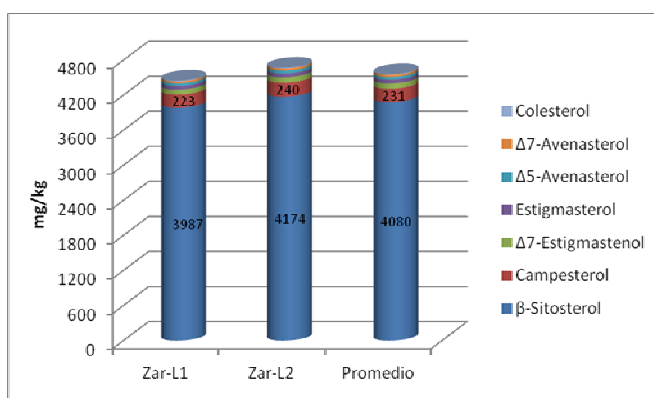


Figura Zar-12. Fitoesteroles del aceite de la semilla de zarzamora

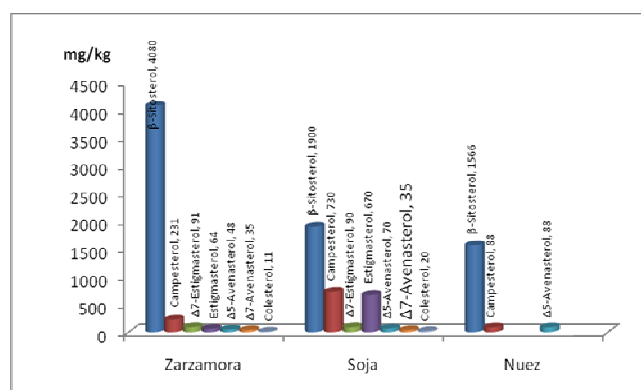


Figura Zar-13. Fitoesteroles del aceite de la semilla de zarzamora comparados con otros aceites de composición similar

Al comparar estos resultados con los de los aceites de composición en AG parecida, como el aceite de la semilla de soja y de nuez, Wang (2002), informó contenidos de esteroides para el aceite de soja en un rango entre 2350 a 4050 mg/kg, siendo el β -sitosterol es el mayoritario, con valores entre 1250 y 2360 mg/kg, lo que representa del orden del 53-58 %, seguido de campesterol y estigmasterol con cifras entre 62 a 131 mg/kg para el primero, y 47 a 77 mg/kg para el segundo. Por otra parte, Firestone (2006) indica intervalos entre 1840 y 4090 mg/kg de esteroides totales en el aceite de la semilla de soja, de los cuales el β -sitosterol está entre 51,7 y 57,6%, el campesterol entre 15,8 y 24,2% y el estigmasterol entre 15,9 y 19,2%.

En porcentajes cercanos al 1 y 2% se encuentran Δ 5avenasterol, Δ 7estigmastenol, Δ 7avenasterol. La Norma ISO (ISO/TC 34/SC 11, 1993) señala para el aceite de semilla de soja un total 3516 mg/kg, con el desglose siguiente, expresados en mg/kg: colesterol 20, campesterol 730, estigmasterol 670, β -sitosterol 1900, Δ 5avenasterol 70, Δ 7estigmastenol 90, Δ 7avenasterol 35, valores presentados en la Figura Zar-13).

De esta información se desprende que se podría diferenciar al aceite de la semilla de la zarzamora del aceite de la semilla de la soja por su contenido de esteroides, que son más altos en el aceite de la semilla de zarzamora y en particular más alto en β -sitosterol. El aceite de la semilla de nuez presenta valores para campesterol de 88 mg/kg, β -sitosterol de 1566 mg/kg y Δ 5-avenasterol de 88 mg/kg, con un total de 1742 mg/kg, bastante bajo en relación al obtenido en este trabajo para el aceite de la semilla de zarzamora.

4.2.3. Conclusiones respecto a la semilla de zarzamora y su aceite

- La composición centesimal de la semilla de zarzamora indica como componente principal la fibra con un 54%, seguida por su contenido en aceite de 16,5%, que la posiciona como una buena fuente de un aceite especial con alto potencial para su extracción a nivel industrial.
- El aceite de semilla de zarzamora es principalmente insaturado.

- Su principal ácido graso es el ácido linoleico 18:2n-6, 59%, seguido del ácido oleico 18:1n-9, 19,8% y del ácido linolénico 18:3n-3, 9,18 %. Representa una excelente fuente de los dos AG esenciales, que se encuentran en la relación 6:1 que está dentro de las recomendaciones nutricionales.
- El total de tocoles fue de 1513 ± 73 mg/kg, siendo mayoritario el γ -Tocoferol con 1403 ± 74 mg/kg, lo que representa el 93% del total. El aceite de la semilla de zarzamora se puede considerar una buena fuente de este componente bioactivo, ya que supera largamente el contenido de γ -Tocoferol del aceite de soja y de nuez, que tienen una composición en AG comparable.
- El contenido de fitoesteroles totales es también alto, con un promedio de 4560 mg/kg, representando el β -sitoesterol el 89% del total, con un promedio de 4080 mg/kg. Igualmente supera al aceite de soja y de nuez.
- Dadas las características de composición de este aceite y la alta contribución de componentes bioactivos tocoles y fitosteroles, se puede considerar como un aceite especial, potencialmente funcional. Puede ser incorporado en formulaciones de diferentes alimentos comunicándole sus propiedades funcionales. Su semilla también puede utilizarse directamente en productos de bollería y panadería pues, además de su aceite, aporta cantidades importantes de fibra.

4.2.4. Bibliografía sobre la semilla de zarzamora y su aceite

Belén D.R., Bacalao O., Barreto M., Marcano L., Castellanos Y., Gutiérrez J., 2000. Características fisicoquímicas de la grasa de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.) cultivar Bocado. Rev. Unellez Cien. Tecn. 18(1): 131-141.

Bernardini E., y Baquero-Franco J., 1986. Tecnología de Aceites y Grasas. Alhambra, Madrid.

García D., Vilorio-Matos A., Belén D., y Moreno-Álvarez M.J., 2003. Características físico-químicas y composición de ácidos grasos del aceite crudo extraído de residuos de mora (*Rubus glaucus* Benth). Grasas y Aceites 54(3): 259-263.

Espinosa Bayer, N. 2011 Evaluación morfoagronómica y caracterización molecular de la colección de mora de corpoica y materiales del agricultor. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá.

Firestone D. (Editor). 2006. Physical and chemical characteristics of oils, fats and waxes. AOCS Press. 2nd Edition USA.

Gunstone, F., Harwood, J. and Dijkstra, A. 2007. The ILpids Handbook. Third edition, CRC Press Taylor & Francis Group, USA. page 67

ISO/TC 34/SC 11 N 529. 1993. New work item proposal – animal and vegetable fat and oil – interpretation of results obtained by chromatographic examination. ISO London.

Martínez M., Matea M. and Maestri D.M. 2006. Varietal and crop year effects on lipid composition of walnut (*Juglans regia*) genotypes. J. Am. Oil Che. Soc. 83: 791-796.

Masson L., Castillo M.A., Vianni R. 1971 “Composición del aceite extraído de tres variedades de semilla de girasol y de dos variedades de soja cultivadas en Chile”. Grasas y Aceites. 22, 188.

Masson L., y Mella M.A., 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.

Moreno-Alvarez, M.J., 1999. Evaluación de una harina integral proveniente de semilla de mango (*Mangifera indica* L. var. Bocado). Saber 14(2): 7-9.

Muñoz M., Barrera E., Meza I., 1981. El uso medicinal y alimenticio de plantas nativas y naturalizadas en Chile. Publicación ocasional N° 33. Museo nacional de Historia Natural. 91 p.

Pennacchiotti M, I., y Vargas U, Marta. 1951. Estudio químico de la zarzamora (*Rubus ulmifolius*). Instituto de Investigaciones Veterinarias, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile. 1, 1-3.

Peñaloza, A.G. 2004. Flora y vegetación terrestre. Pb-452-as. Arch: Caracterización. Anexo n° 1. “Caracterización del área de influencia”.

WANG, T., 2002. Soybean oil. En: GUNSTONE, F. Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses. USA, Ed Blackwell, pp 18-58.

4.3. Chañar (*Geoffroea decorticans* (Gill. ex H. et A.) Burk.)

Botánicamente el chañar pertenece a la familia *Fabaceae*. Sinónimos: *Gourliea chilensis*, *Gourliea decorticata*, *Gourliea spinosa*, *Lucuma spinosa*. El nombre vernáculo principal es: chañar.

4.3.1. Aspectos generales del chañar

Descripción

Se trata de una especie de la flora natural del norte de Chile. Es un arbusto o árbol mediano con ramas espinoscentes y de altura variable. Cuando crece en bosquecillos puros, con un tronco de 10 a 15 cm de diámetro. Cuando crece aislado, puede alcanzar hasta 10 m de altura y el tronco mide de 40 a 60 cm de diámetro. Su color es verde claro en ejemplares jóvenes y verde parduzco en los ejemplares añosos, de forma generalmente irregular, Figura Cha-1.

La corteza es exfoliante y se desprende longitudinalmente en fajas irregulares. Las ramas son espinosas, intrincadas. El follaje es caduco, poco denso, con hojas compuestas, de color verde-ceniciento, de 1,5 a 5 cm de largo, con 2 – 5 pares de folíolos oblongos de margen entero y uno terminal, siempre de mayor tamaño (Rodríguez *et al.*, 1983).



Masson, 2003

Figura Cha-1. Árbol chañar

La floración, en Chile, ocurre en primavera entre septiembre y octubre, cuando las hojas nuevas empiezan a aparecer. Las flores son hermafroditas con corola amariposada lo que es característico de la familia, de color amarillo-anaranjado con estrías rojas, pequeñas, agrupadas en racimos cortos axilares (Rodríguez *et al.*, 1983).

La fructificación se produce entre fines de primavera y principios de verano (diciembre – febrero). El fruto es una drupa indehisciente, comestible, de sabor dulce y aroma muy especial, de forma ovoide o globoso de 2 – 3 cm de largo, piel lisa brillante de tonos amarillo – marrón, pulpa de igual color y en su interior contiene sólo una semilla (Figura Cha-2).



Masson, 2003

Masson, 2003

Figura Cha-2. Frutos de chañar

Distribución geográfica

Es la especie más típica entre las que forman el llamado “monte” o estepa del Chañar, “churqui” o bosque criollo del norte de Chile, junto con el espinillo o espino (*Acacia caven*), el piquillín (*Condalia* spp.), la jarilla (*Larrea* spp.). Está ampliamente distribuido en las regiones secas del centro y norte de Chile donde crece desde la Región de Arica y Parinacota 18° 29' latitud sur hasta la Región de Coquimbo 32°12' (Rodríguez *et al.*, 1983). Cabrera (1976) y Boelcke (1989) también lo citan para Argentina, Bolivia, sur de Perú, Paraguay y Uruguay.

Crece silvestre y puede reproducirse a través de las semillas y de los renuevos que crecen de sus raíces. Habita en terrenos de clima seco o con escasas precipitaciones, llegando hasta los 2300 msnm. Actualmente sólo es posible ver ejemplares aislados o en pequeños grupos dentro de la zona de distribución natural.

Usos

Es ideal como cerco viviente y para abrigo del ganado, genera sombra y a su alrededor crecen pastos tiernos; la pequeña cantidad de espinas no molesta demasiado ni al hombre ni al ganado.

Se utilizan corteza, hojas y flores en medicina popular, principalmente por las propiedades expectorantes, especialmente la corteza; además se le atribuyen propiedades antihemorrágicas, probablemente por su contenido de taninos. Las hojas se consideran un buen emoliente y la infusión se emplea contra el asma (Muñoz *et al.*, 1981).

La madera obtenida del tronco es muy fuerte y apreciada, semidura y moderadamente pesada (peso específico entre 0,585 y 0,600 kg/dm³), de color blanco-amarillenta, ocre en presencia de aire. Se utiliza para muebles rústicos, cabos de herramientas, construcción de hachas, martillos, yugos de arado, estribos, enseres domésticos, entre otros. Se emplea en cercos, casas y es un buen combustible.

El fruto es comestible, de pulpa dulce, de sabor y aroma muy especial; con él se prepara el arrope del chañar que se usa a nivel local para combatir afecciones de las vías respiratorias. Por fermentación se prepara aguardiente o una bebida alcohólica, llamada la “aloja de chañar”, a la que se le atribuyen propiedades antiasmáticas, de elaboración local, artesanal. Equinos y bovinos lo consumen como forraje, mientras que las cabras ramonean las ramas (Muñoz *et al.*, 1981).

4.3.2. Estudio analítico de la semilla de chañar y su aceite

Material de análisis

Se obtuvieron dos lotes de frutos de chañar. Cada lote estuvo constituido por 5 kg aproximadamente, recolectados manualmente en predios de la Región de Atacama III y Región de Coquimbo, entre 25° 17' y 32° 16' latitud sur. Los lotes se designaron Cha-1 y Cha-2 y las fechas de muestreo fueron febrero 2003 y abril 2004.

Obtención de las semillas

Para obtener el carozo y la semilla o almendra alojada en su interior, se trabajó con la totalidad de los frutos de cada lote de aproximadamente 1000 frutos. Se retiró manualmente la cutícula. Se obtuvieron los carozos, que están constituidos por una parte leñosa y en su interior se encuentra la semilla o almendra. Dada la dureza del carozo, se partieron manualmente con un dispositivo para cascar nueces, que dificultó el obtener todas las almendras enteras.

Estabilización

Las semillas se secaron sobre pliegos de papel de aluminio en estufa de aire forzado a 60°C para estabilizarlas. A continuación se determinó la humedad residual final de las semillas secaron de acuerdo al método señalado en 3.1.1.1.

Almacenamiento

Las semillas desecadas de cada lote se guardaron en frascos herméticos con contratapa y tapa de rosca debidamente rotulados, los cuales se mantuvieron a temperatura de refrigeración (4°C) hasta su análisis.

Caracterización de la semilla

Se tomaron al azar 50 semillas de cada lote para su caracterización, $n = 100$, en cuanto a peso, largo y ancho y posterior cálculo de los valores promedio \pm DS.

Muestra de análisis

La muestra de análisis quedó constituida por la totalidad de las semillas enteras, (Figura Cha-3), provenientes del conjunto de carozos de cada lote. Finalmente, se obtuvo el homogeneizado obtenido en un molinillo de laboratorio Krupp a partir de aproximadamente 200 g de semillas obtenidas al azar de cada lote.



Figura Cha-3. Imágenes de las semilla de chañar y almendra o semilla

Resultados y discusión de las características de la semilla de chañar y su aceite

La caracterización del fruto y de las semillas de chañar, su composición centesimal y las características químicas del aceite extraído de las mismas, correspondientes a los dos lotes analizados Cha-L1 y Cha-L2 y su respectivo valor promedio, se presentan en las Tablas y Figuras siguientes:

Tablas:

- Tabla Cha-1. Caracterización del fruto y la semilla de chañar.
- Tabla Cha-2. Composición centesimal de la semilla de chañar (g/100 g).
- Tabla Cha-3. Ácidos grasos del aceite de la semilla de chañar (g /100 g AG).
- Tabla Cha-4. Triglicéridos del aceite de la semilla de chañar (%).
- Tabla Cha-5. Tocolos del aceite de la semilla de chañar (mg/kg).
- Tabla Cha-6. Fitoesteroles del aceite de la semilla de chañar (mg/kg).

Figuras:

- Figura Cha-4. Composición centesimal de la semilla de chañar y su distribución porcentual.
- Figura Cha-5. Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de chañar.
- Figura Cha-6. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de chañar.
- Figura Cha-7. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de chañar comparada con otros aceites de composición similar.

- Figura Cha-8. Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla del chañar comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Cha-9. Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de chañar.
- Figura Cha-10. Tocolos del aceite de la semilla de chañar.
- Figura Cha-11. Tocolos del aceite de la semilla de chañar comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Cha-12. Fitoesteroles del aceite de la semilla de chañar.
- Figura Cha-13. Fitoesteroles del aceite de la semilla de chañar comparados con otros aceites de composición similar.

El fruto de chañar (Tabla Cha-1 y Figura Cha-2) es de forma ovoide de color amarillo-marrón de piel brillante, muy atractivo; su peso promedio es del orden de 5 g. y el de las semillas (Tabla Cha-1 y Figura Cha-3) no llega a 0,5 g, lo que da una idea de la dificultad de su obtención para realizar los análisis, ya que representa sólo un 6% del fruto.

Tabla Cha-1. Caracterización del fruto y la semilla de chañar

	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	PESO (g)	N° SEMILLAS/FRUTO
Fruto (n=100)	3,3 ± 0,2	2,4 ± 0,2	5,1 ± 0,3	1
Semilla (n=100)	0,6 ± 0,02	0,4 ± 0,02	0,3 ± 0,02	-

La composición centesimal de la almendra o semilla de chañar (Tabla Cha-2 y Figura Cha-4) se determinó en las semillas secas, por lo que dio un contenido muy bajo de agua, lo que redundaba en una cantidad importante del resto de componentes. Se observa que el principal componente es la materia grasa que representa un promedio de 47,5 %, seguido por el contenido proteico de 27,3 %.

Tabla Cha-2. Composición centesimal de la semilla de chañar (g/100 g)

	Humedad	Proteínas (Nx6,25)	Grasa	Hidratos de Carbono*	Fibra	Contenido Mineral
Cha-L1	0,3	28,4	47,9	10,3	9,1	3,9
Cha-L2	0,3	26,2	47,0	10,4	10,2	3,8
X±D.S.	0,3 ± 0,0	27,3 ± 1,6	47,5 ± 0,6	10,4 ± 0,1	9,7 ± 0,8	3,9 ± 0,1

*Hidratos de Carbono = g glucosa/100 g

La fibra y los hidratos de carbono en conjunto, alcanzan un 20,1 %, estando ambos en porcentajes del mismo orden 10 %, el contenido mineral es interesante, cercano a 4 %.

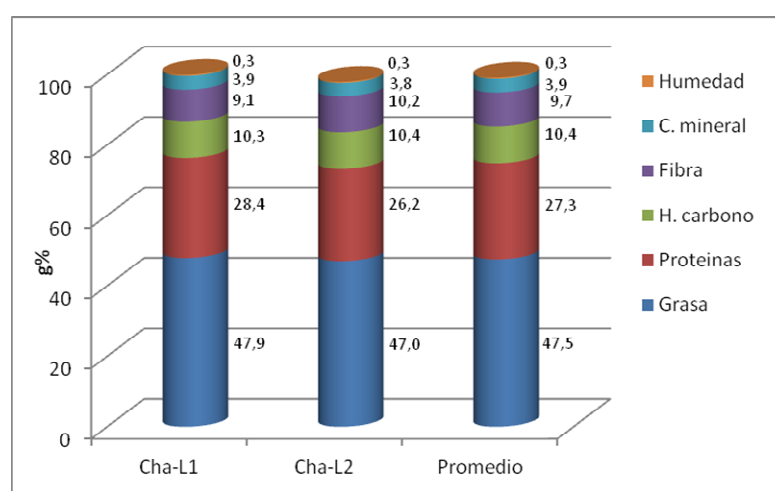


Figura Cha-4. Composición centesimal de la semilla de chañar y su distribución porcentual

Orrabalís *et al.* (2010) estudian el aceite de semilla de chañar de origen argentino, y encuentran un valor cercano al obtenido en este trabajo. La cantidad de grasa del aceite de semilla de chañar es importante y se compara con otras semillas utilizadas industrialmente, como las de girasol (41-48%) o canola (44-49%) y es incluso mayor que el de la semilla de la soja que tiene contenidos cercanos a 23%.

Por otra parte, la cantidad de proteínas es alta, 27,3 g/100 g, lo que convierte a esta almendra o semilla en una buena fuente potencial de este macronutriente. Esta composición podría originar el desarrollo de un alimento particular o especial, como es el caso citado por Tsaknis *et al.* (1997) que refiriéndose a semillas de calabaza,

señala que en Grecia no se usan para producción de aceite o proteína aislada, pues se consumen directamente constituyendo un apetecido alimento en forma de semillas tostadas y saladas, lo que ocurre también en España.

En la Tabla Cha-3 se presenta la composición en ácidos grasos del aceite de la semilla de chañar (g/100 g AG) y en la Figura Cha-5 los resultados de manera esquemática, en la parte A, los mayoritarios y en la parte B los ácidos grasos minoritarios. La Figura Cha-6, presenta la distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos.

Tabla Cha-3. Ácidos grasos del aceite de la semilla de chañar (g/100 g AG)

ÁCIDOS GRASOS		Cha-L1	Cha-L2	X ± D.S.
Mirístico	14:0	0,80	0,34	0,57 ± 0,33
Palmítico	16:0	8,00	8,96	8,48 ± 0,68
Heptadecanoico	17:0	0,12	0,37	0,25 ± 0,18
Estearico	18:0	5,42	5,87	5,65 ± 0,32
Eicosanoico	20:0	1,43	1,43	1,43 ± 0,00
Docosanoico	22:0	1,99	1,96	1,98 ± 0,02
Tetracosanoico	24:0	1,03	0,97	1,00 ± 0,04
AGS totales		18,79	19,90	19,35± 0,78
Palmitoleico	16:1 n-7	0,16	0,20	0,18 ± 0,03
Heptadecenoico	17:1	0,07	0,09	0,08 ± 0,01
Octadecenoico	18:1 n-9t	0,25	0,13	0,19 ± 0,08
Oleico	18:1 n-9	34,88	35,37	35,13 ± 0,35
Octadecenoico	18:1 n-7	1,38	1,44	1,41 ± 0,04
Eicosaenoico	20:1 n-9	0,69	0,80	0,75 ± 0,08
AGMI totales		37,43	38,03	37,73± 0,42
Linoleico	18:2 n-6	43,83	41,99	42,91± 1,30
AGPI totales		43,83	41,99	42,91± 1,30
Relaciones				
AGPI:AGMI:AGS				2,2:1,9:1,0
Linoleico:Linolénico				-
Oleico: Linoleico				0,8:1,0

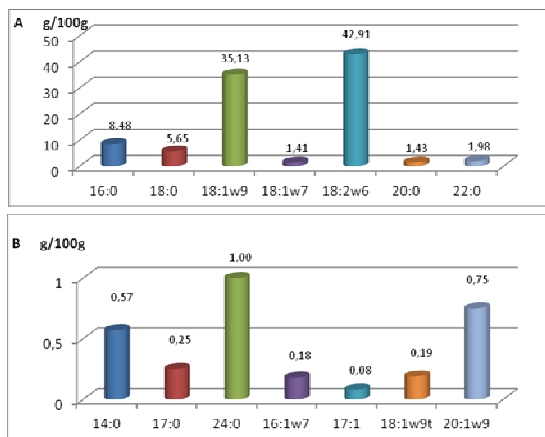


Figura Cha-5. Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla del chañar

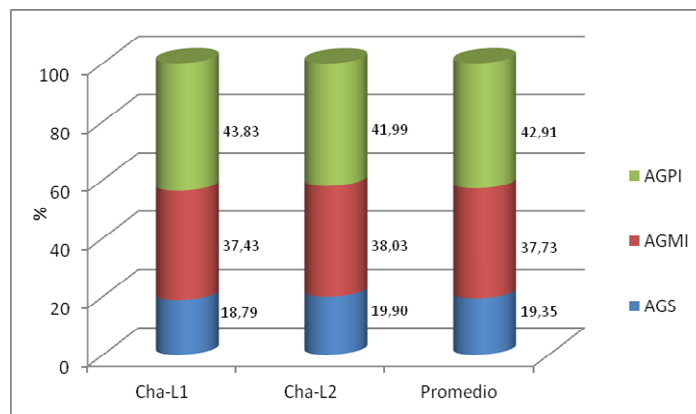


Figura Cha-6. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla del chañar

De acuerdo a los valores obtenidos, el aceite de semilla de chañar es preferentemente insaturado, con un predominio del ácido linoleico 18:2n-6 con 42,91 g/100 g AG, que es el único ácido graso poliinsaturado detectado en este aceite; le sigue en importancia el ácido oleico 18:1n-9 con 35,13 g/100 g AG, que representa el 93% de los AGMI. Lamarque *et al.* (2000) señalan una insaturación total de 85,6% para semillas de chañar de origen argentino, algo superior a la encontrada en nuestro estudio, de 80,64%.

En relación a los ácidos grasos saturados, el total de 19,35 % está representado principalmente por los ácidos palmítico 16:0 y esteárico 18:0, con 8,48 y 5,65 g/100 g AG, respectivamente. Otros ácidos grasos saturados que están presentes son 20:0, 22:0 y 24:0 con valores entre 1 y 2 g/100 g AG.

La relación AGPI:AGMI:AGS fue 2,2:1,9:1,0, que puede considerarse equilibrada; no presenta ácido linolénico, de la familia n-3, por lo que no cumple con la recomendación nutricional necesaria de una relación n-6:n-3 de 5:1, pero puede ser mejorado, al mezclarlo con otro aceite que le aporte ácidos grasos n-3.

El aceite de la semilla del chañar puede considerarse una buena fuente de ácidos linoleico y oleico, estando ambos en una relación muy cercana a 1, lo cual lo diferencia de otros aceites vegetales en que las proporciones están más

descompensadas 3,5:1 y 2,5:1 como es el caso del aceite de girasol y aceite de soja, respectivamente (Masson y Mella, 1985).

Al considerar la distribución porcentual por grupos de ácidos grasos (Figura Cha-7), de varios aceites de diferentes semillas comparados con el aceite de la semilla del chañar, se observan composiciones por grupo de AG parecidas.

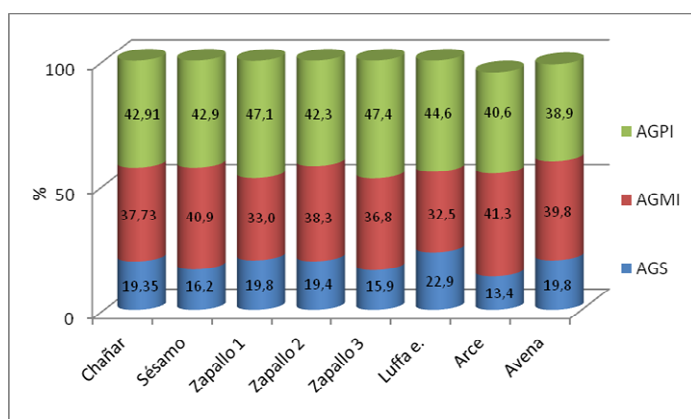


Figura Cha-7. Distribución porcentual de los tres grupos ácidos grasos del aceite de la semilla del chañar comparado con otros aceites de composición similar

El aceite de la semilla de sésamo o ajonjolí (*Sesamum indicum*) presenta valores para los tres grupos de ácidos grasos del orden de 16,2% para los AGS, 40,9 % AGMI y 42,9 % para los AGPI, parecidos al aceite de la semilla de chañar.

Por otra parte, los porcentajes de los ácidos grasos principales en el aceite de semilla de sésamo son: ácido oleico 40,6%, ácido linoleico 42,6%, ácido palmítico 4,2% y ácido esteárico 5,8% (Gunstone, 2007). Otras referencias (Firestone, 2006. indican entre 33,5 y 44,1% para ácido oleico y entre 40,3 y 50,8% para ácido linoleico.

La composición en AG del aceite de la semilla de zapallo o calabaza de diferentes variedades es parecida a la del aceite de semilla de chañar; entre ellas se pueden señalar las analizadas por Masson y Mella (1985), quienes informaron para la variedad *Cucurbita pepo*, 19,8% de AGS, 33,0% de AGMI y 47,1% de AGPI, identificadas en las Figuras Cha-7 y Cha-8 como zapallo 1. Tsaknis *et al.* (1997), refieren que la composición de semillas de la variedad *Cucurbita maxima*, identificada como zapallo 2 en las Figuras Cha-7 y Cha-8, muestra un 19,4% de AGS, 38,3% de AGMI y 42,7% de AGPI. Parry *et al.* (2006), también ofrecen información sobre el contenido de ácidos grasos de la semilla de zapallo, identificada como zapallo 3 en las mismas figuras ya mencionadas. Mariod *et al.* (2009), informaron sobre la composición en los ácidos grasos de la semilla de *Luffa echinata*, otra variedad de cucurbitácea, que presenta 22,9% de AGS, 32,5% de AGMI y 44,6% de AGPI. Dubois

et al. (2007), reportaron el perfil de ácidos grasos de ochenta aceites vegetales entre los que se encuentran el arce azucarado (*Acer saccharum*) y la avena (*Avena sativa*), los cuales presentan composiciones parecidas al aceite de la semilla de chañar con 13,4 y 19,8 % de AGS, 41,3 y 39,8% de AGMI y 40,6 y 38,9% de AGPI, respectivamente. Holser y Bost (2004) estudian las semillas de híbridos de Hibiscos y su aceite tiene una composición en ácidos grasos dentro de los rangos del aceite de semilla de chañar.

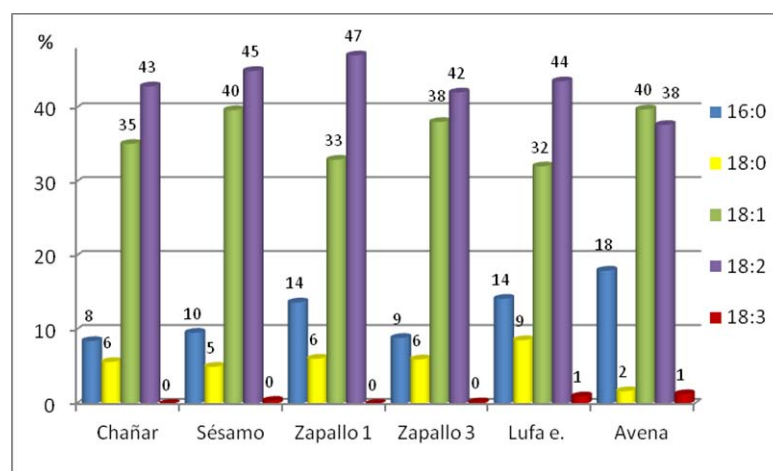


Figura Cha-8. Composición de los ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla del chañar con otros aceites de composición similar

Si nos detenemos en la comparación de los ácidos grasos individuales (Figura Cha-8), puede señalarse que los aceite de semilla de sésamo y zapallo (1 y 3) presentan una composición parecida al del chañar, con valores para ácido oleico 18:1n-9 entre 33 y 40%, para el ácido linoleico 18:2n-6 entre 42 y 47%, para ácido palmítico 16:0 entre 8 y 14% y para ácido esteárico 18:0 entre 5 y 6%. Si bien los aceites de *Lufa echinata* y avena también concuerdan con el perfil de ácidos grasos mayoritarios del aceite del chañar, difieren en la presencia de ácido linolénico 18:3n-3 que está presente, en valores cercanos al 1% en ambos aceites.

Por lo tanto, es consecuente afirmar que el aceite contenido en la semillas del chañar (*Geoffroea decorticans*) es comparable, en su composición en ácidos grasos oleico y linoleico y saturados palmítico y esteárico, principalmente al aceite de semilla de sésamo o ajonjolí (*Sesamum indicum*) y al aceite de semillas de zapallo o calabaza (*Cucurbita pepo* y *Cucurbita maxima*).

La Tabla Cha-4 y la Figura Cha-9 presentan la distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de chañar.

Tabla Cha-4. Triglicéridos del aceite de la semilla del chañar (%)

TRIGLICERIDOS	Notación	ECN	Cha-L1	Cha-L2	X \pm D.S.
Trilinoleína	LLL	42	14,7	16,9	15,8 \pm 1,6
Oleildinileína	OLL	44	24,0	22,6	23,3 \pm 1,0
Palmitoildilinoeína	PLL	44	7,9	7,7	7,8 \pm 0,1
Diroleilinoeína	OOL	46	17,8	16,2	17,0 \pm 1,1
Palmitoleillinoeína+ Estearildilinoeína	POL + SLL	46	14,5	15,3	14,9 \pm 0,6
Estearileillinoeína+ Diroleilpalmitina	SOL + OOP	48	4,3	4,7	4,50 \pm 0,3
Otros			16,8	16,6	16,7 \pm 0,1

ECN = N° Equivalente de Carbonos = CN-2DB

CN = N° total de C de la cadena, 2DB = 2 veces el N° de dobles enlaces

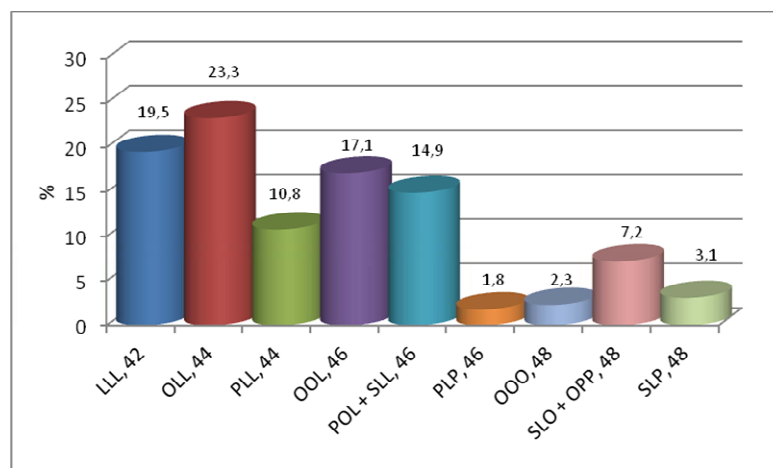


Figura Cha-9. Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de chañar

Los porcentajes obtenidos para las diferentes especies de triglicéridos concuerdan con los ácidos grasos mayoritarios linoleico 18:2n-6, oleico 18:1n-9, palmítico 16:0 y esteárico 18:0. Es esperable encontrar una amplia distribución de esos ácidos grasos formando diferentes especies de triglicéridos, sin que se destaque alguna especie en particular. Los mayores porcentajes detectados correspondieron a

23,3% para OLL, 17% para OOL, 15,8% para LLL, 14,9% para mezcla POL + StLLL y 4,5 para StOL+OOP. Se ha agrupado en “otros” el porcentaje promedio restante de 16,7%, por la dificultad de su identificación, por la amplia distribución de los ácidos grasos presentes en el aceite de semilla del chañar.

La literatura no es muy abundante en la información de triglicéridos de materias grasas; en el caso del aceite de semilla de sésamo, que presenta una composición porcentual en ácidos grasos cercana a la obtenida en este trabajo para el aceite de semilla de el chañar, se informan los siguientes triglicéridos mayoritarios (Gunstone, 2007): LLO 25,4%, LLL 19,6% LOO 15,1%, PLL 1,8%, PLO 8,1%, que cubren aproximadamente el 80% de los TG totales y son porcentajes bastante próximos a los obtenidos para la semilla motivo de estudio.

Los valores de los tocoles encontrados en el aceite de la semilla de chañar (Tabla Cha-5 y Figura Cha-10) dan idea de que se trata de un acorde con su composición en ácidos grasos insaturada y está protegido por los dos tocoferoles de mayor poder antioxidante.

Tabla Cha-5. Tocolos del aceite de la semilla de chañar (mg/kg)

TOCOLES	Cha-L1	Cha-L2	X ± D.S.
α-Tocoferol	331	324	328 ± 5
β-Tocoferol	14	11	13 ± 2
β-Tocotrienol	17	17	17 ± 0
γ-Tocoferol	340	314	327 ± 18
γ- Tocotrienol	10	9	10 ± 1
δ-Tocoferol	15	11	13 ± 3
Total	727	677	702 ± 35

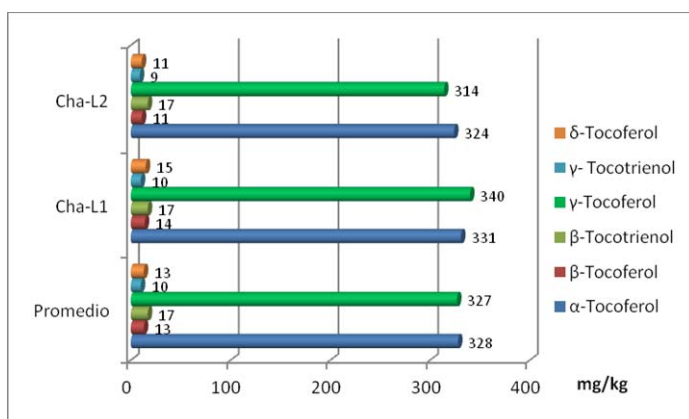


Figura Cha-10. Tocolos del aceite de la semilla de chañar

El α -tocoferol está presente con 328 mg/kg como valor promedio y el γ -tocoferol, con un promedio de 327 mg/kg, lo cual representa el 92,5% de los tocoles totales. Se encontraron pequeñas cantidades de β y γ -tocotrienol con 17 y 10 mg/kg respectivamente y 13 mg/kg de δ -tocoferol.

En la revisión bibliográfica no se ha encontrado otro aceite de semilla que tenga una composición de tocoles como la encontrada para este aceite. Las referencias para los aceites de composición similar en ácidos grasos (Figura Cha-11), muestran resultados muy dispares en el contenido de tocoles; por ejemplo, el aceite de semilla de avena no es comparable, el aceite de semilla de *Luffa echinata*, presenta un valor de γ -tocoferol de 320 mg/kg comparable al del aceite de semilla de chañar, pero su contenido de α -tocoferol es muy bajo; igualmente, el aceite de semilla de sésamo contiene casi exclusivamente γ -tocoferol en una cantidad muy superior, entre 531 y 1000 mg/kg (Firestone, 2006),

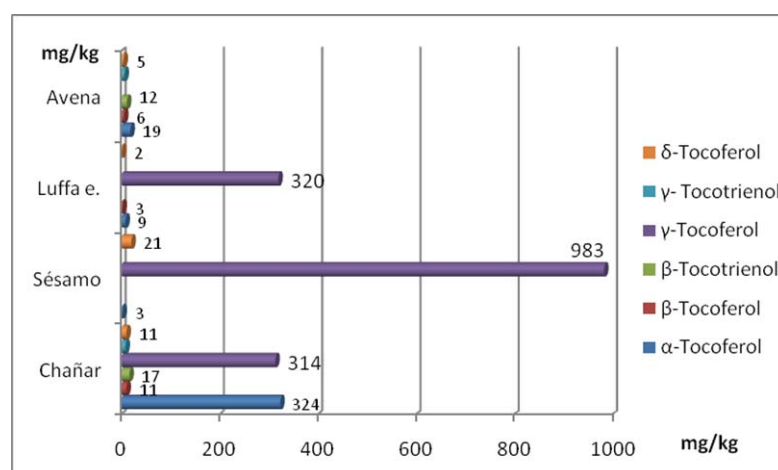


Figura Cha-11. Tocolos del aceite de la semilla de chañar comparados con otros aceites de composición similar

En relación a los fitoesteroles (Tabla Cha-6 y Figura Cha-12), encontrados en el aceite de semilla de chañar, el β -sitotesterol es el mayoritario, con un promedio de 2311 mg/kg lo que representa el 72% del total de los fitoesteroles presentes en dicho aceite, lo cual es habitual en aceites vegetales; le sigue el campesterol con un 13%. Los otros fitoesteroles están en porcentajes inferiores al 10%. El contenido total en promedio fue de 3198 mg/kg.

Tabla Cha-6. Fitoesteroles del aceite de la semilla de chañar (mg/kg)

FITOESTEROLES	Cha-L2	Cha-L2	X \pm D.S.
Campesterol	144	173	159 \pm 21
Estigmasterol	380	452	416 \pm 51
β -Sitosterol	2107	2515	2311 \pm 288
Δ 5-Avenasterol	110	131	121 \pm 15
Δ 7-Estigmastenol	173	212	193 \pm 28
Total	2914	3483	3198 \pm 402

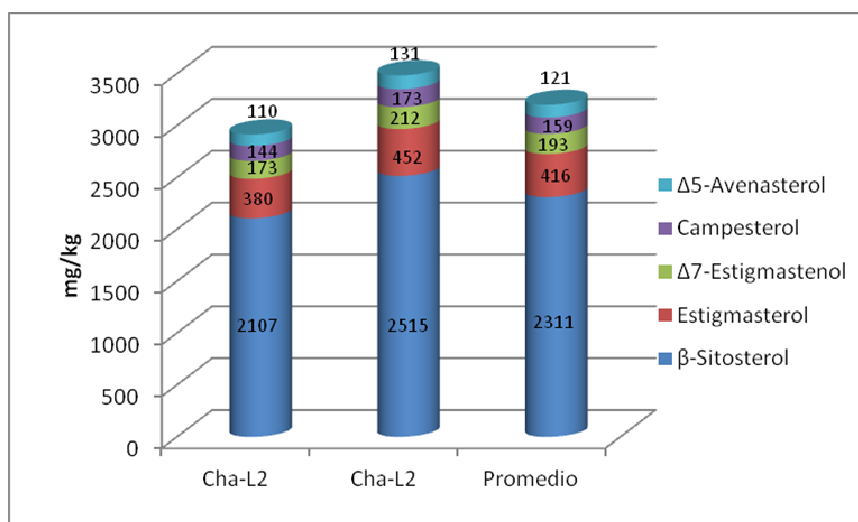


Figura Cha-12. Fitoesteroles del aceite de la semilla de chañar

Dada la amplia distribución de los fitoesteroles en los aceites vegetales, se hace difícil comparar con otros aceites que tengan una composición parecida a la

encontrada en este trabajo para aceite de semilla de chañar. No obstante, podemos hacer algún comentario comparando con semillas de sésamo y avena (Figura Cha-13)

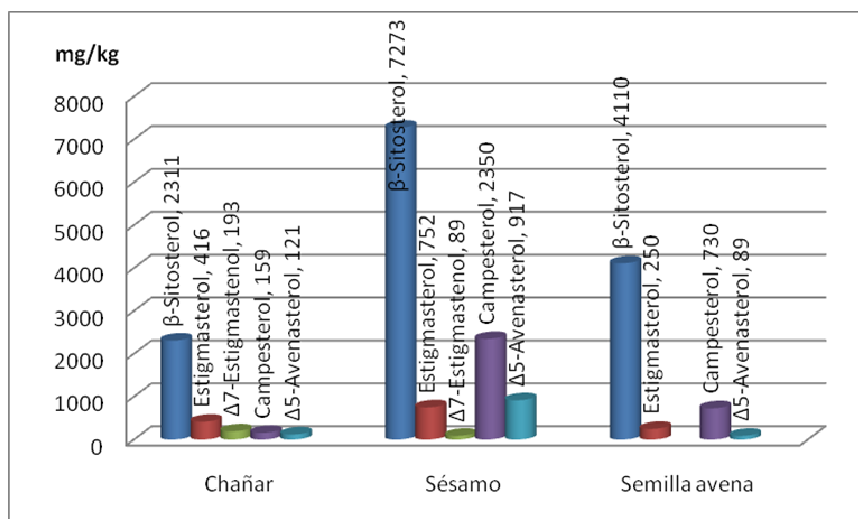


Figura Cha-13. Fitoesteroles del aceite de semilla de chañar comparados con aceites de composición similar

El contenido total de fitoesteroles del aceite de la semilla de *Sesamum indicum* es bastante más alto que el valor encontrado en el aceite de la semilla de chañar, con rangos entre 4500-18960, que corresponden, expresados en mg/kg, a: colesterol 4,5-9; brassicasterol 4,5-9; campesterol 45-90; estigmasterol 153-1441; β -Sitosterol 2597-11,736; $\Delta 5$ -Avenasterol 279-1479; $\Delta 7$ -Avenasterol 54-1062 (Firestone, 2006); la misma situación se presenta en relación al contenido de fitoesteroles totales del aceite de semilla de avena con 5340 mg/kg, desglosado en: campesterol 730; campestanol 38; estigmaesterol 250; β sitosterol 4110; sitoestanol 120; $\Delta 5$ -avenaesterol 89 (Normen *et al.*, 2007).

4.3.3. Conclusiones respecto a la semilla de chañar y su aceite

- Entre las características de composición de la semilla de chañar destaca como principal componente la materia grasa con un promedio de 47,5 %, seguido por las proteínas con 27,3 %; el contenido mineral es alto del orden del 4 %.
- El aceite se caracteriza por:

- Es una buena fuente de ácido linoleico, esencial, y de ácido oleico, en una proporción muy equilibrada, cercana a 1:1 que es bastante parecida al aceite de semillas de sésamo y de calabaza.
- En cuanto a componentes bioactivos, tiene tocoferoles y tocotrienoles; los mayoritarios son los dos homólogos de mayor poder antioxidante el α y el γ -tocoferol, con 655 mg/kg entre los dos. Los aceites de composición parecida en AG, presentan contenidos de tocoles muy diferentes.
- En relación al aporte de fitoesteroles presenta un total de 3198 mg/kg, inferior al que presentan aceites de composición en AG parecida.
- Se trata por tanto de una semilla que presenta alto contenido de aceite, de buenas características de composición y componentes bioactivos, pero no destaca para ser considerada como un alimento funcional. No obstante se podría emplear como materia prima para elaborar cualquier tipo de alimento por su aporte lipídico y proteico.

4.3.4. Bibliografía sobre la semilla de chañar y su aceite

- Boelcke, O., 1989. Plantas vasculares de la Argentina. Buenos Aires. Ed.H.Sur, 2da. Reimpresión, 160 –369 pp.
- Cabrera, A., 1976. Regiones Fitogeográficas de Argentina. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II. Fascículo I. Editorial ACME S.A.C.I. 85 p.
- Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J., and Parmentier, M., 2007. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 710-732.
- Firestone, D. (Editor)., 2006. Physical and chemical characteristics of oils, fats and waxes. AOCS Press. 2nd Edition USA.
- Gunstone, F., Harwood, J. and Dijkstra, A. 2007. The Lipids Handbook. Third edition, CRC Press Taylor & Francis Group, USA. page 67.
- Holser R.A. and Bost G., 2004. Hybrid *Hibiscus* Seed Oil Compositions. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 81: 795 – 797.
- Lamarque, A.L., Maestri, D.M., Zygodlo, J.A., Guzmán, C.A. 2000. Chemical evaluation of *Geoffroea decorticans* seeds as source of oil and protein. *Grasas y Aceites* 51, 309-314.

- Masson, L., y Mella., M.A., 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.
- Muñoz, M., Barrera, E., Meza, I., 1981. El uso medicinal y alimenticio de plantas nativas y naturalizadas en Chile. Publicación ocasional N° 33. Museo nacional de Historia Natural. 91 p.
- Normen, L., Ellegard, L., Brants, H., Dutta, P., Andersson H., 2007. A phytosterol database: Fatty foods consumed in Sweden and the Netherlands. *Journal of Food Composition and Analysis* 20:193-201.
- Orrabalís., C.J., Gorostegui, H.A., Calandri, E., and Guzmán, C.A. 2010. Extracción y caracterización del aceite de semilla de “Chañar”. II Reunión Interdisciplinaria de Tecnología y Procesos Químicos, Huerta Grande-Córdoba-Argentina, 24 al 27 de Octubre de 2010.
- Parry, J., Hao, Z., Luther, M., Su, L., Zhou, K., y Yu, L.L., 2006. Characterization of Cold-pressed Onion, Parsley, Cardamom, Mullein, Roasted Pumpkin and Milk Thistle Seed Oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 83: 847 – 854.
- Rodríguez, R., Matthei, O., Quezada, M., 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción – Chile. 408 p.
- Tsaknis, J., Lalas, S., y Lazos, S., 1997. Characterization of crude and purified pumpkin seed oil. *Grasas y Aceites* 48: 267 – 272.

4.4. Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.)

La chirimoya, botánicamente, pertenece a la familia de las *Annonaceae* y el nombre vernáculo con que se la conoce es chirimoya

4.4.1. Aspectos generales de la chirimoya

Descripción

El género *Annona* lo componen alrededor de 120 especies, provenientes principalmente de la región tropical y subtropical de América. El chirimoyo se caracteriza por ser un árbol de crecimiento lento que posee un sistema radicular superficial y ramificado, pudiendo originar dos o tres planos de raíces a diferentes niveles, aunque poco profundos. El árbol sin poda es de tamaño mediano, alcanzando en la madurez una altura de 7 - 8 m, con copa redondeada, exuberante follaje (Figura Chi-1).

El fruto de chirimoya (Figuras Chi-1 y Chi-2), es un sincarpio procedente de una sola flor, de forma y tamaño muy variable según el número de óvulos fecundados, ya que si el óvulo no es fertilizado, el carpelo que lo envuelve no se desarrolla. Cuando una zona del cono astigmático no se poliniza se producen deformaciones en el fruto.



<http://www.arbolesornamentales.es>

Figura Chi-1. Árbol y fruto del chirimoyo



Masson, 2005

Masson, 2005

Figura Chi-2. Fruto de chirimoya, variedad conchalisa, entero y corte transversal

El color externo del fruto varía del verde claro al oscuro, teniendo un viraje de color a tonalidades claras en la madurez. La pulpa es carnosa y cremosa, de color blanco, muy aromática y de sabor dulce.

El peso de cada fruto es muy variable; el rango está entre 330 g hasta más de 1 kg, siendo el promedio de peso de la fruta que se comercializa habitualmente en los mercados del orden de 500 g. Los carpelos fecundados contienen una semilla de color negro o marrón oscuro. Los tejidos que rodean a cada semilla dan lugar hacia el exterior del fruto a una placa cuya forma varía entre los cultivares sirviendo para su identificación y clasificación (Farré y Hermoso, 1987) distinguiéndose los siguientes tipos:

- Loevis, Lisa, Concha lisa: los frutos tienen la piel lisa, con los relieves carpelares fundidos o poco aparentes.
- Impresa: los frutos presentan depresiones suaves. Poseen forma acorazonada y a veces arriñonada.
- Mammilata: el fruto se caracteriza por su piel fuertemente reticulada con acusadas protuberancias, más notorias durante el periodo de crecimiento del fruto. En la madurez se difuminan los carpelos y desaparecen las protuberancias en las $\frac{3}{4}$ partes del fruto.
- Tuberculata: el fruto tiene la piel fuertemente reticulada con marcadas protuberancias que se van acentuando conforme se produce la maduración. Tiene forma redondeada y globosa.
- Umbonata: los frutos tienen la piel gruesa, con protuberancias pequeñas y puntiagudas situadas casi en el ápice (centro) de las placas. La pulpa es mas ácida que en otras variedades y presenta numerosas semillas.

Distribución geográfica

El chirimoyo se considera una especie originaria del continente americano, probablemente de las vertientes occidentales de los Andes y de los valles interandinos, piso medio, al sur de Ecuador y norte de Perú, donde se encuentra en estado silvestre, entre las cotas 1.500 y 2.500 sobre el nivel del mar (Weberbauer, 1945; Farré y Hermoso, 1987).

A partir de su lugar de origen el hombre distribuyó las semillas. Por el norte se extiende a la región andina de Colombia, Venezuela y las zonas altas de Centroamérica y México. Hacia el sur alcanza Bolivia, Chile y Argentina.

Los primeros exploradores españoles introdujeron el chirimoyo en España, desde donde probablemente se distribuyó a otros países mediterráneos: la Riviera francesa, Italia, Argelia e islas Madeira (Portugal). Son de especial interés las poblaciones muy antiguas existentes en Calabria (sur de Italia) e islas Madeira. Desde principios del siglo XX se han popularizado híbridos entre chirimoyos provenientes de México con anón blanco (*Annona squamosa*) en Israel, el bajo Egipto, India, Sri Lanka, Sudáfrica, Filipinas, Brasil y Florida (USA), debido a su clima especialmente cálido en verano (Popenoe, 1934). El género *Annona* es propio de climas tropicales, siendo el chirimoyo la única especie de este género que se desarrolla en zonas subtropicales. En las regiones tropicales, permanentemente húmedas, crece vegetativamente pero no produce flores ni frutos.

Su cultivo comercial está poco difundido, destacando España, Perú, Chile, Bolivia, Ecuador, California (USA), Colombia, Argentina e islas Madeira (Portugal). Además de España, Chile tiene un importante y tecnificado sector productor.

En Chile, en la Región de Coquimbo, latitud 30° 27' sur, la brotación comienza desde mediados de abril a mitad de mayo, creciendo las hojas y tallos casi continuamente hasta finales de septiembre. En verano, el árbol reduce su crecimiento con las altas temperaturas. La floración tiene lugar escalonadamente, desde mediados de diciembre hasta fines de julio, dependiendo del cultivar y la zona. La caída de las hojas se produce desde fines de febrero a mayo, según la zona y cultivar. En zonas ventosas las hojas caen antes (ODEPA-CIREN, 1999).

En la zona norte de Chile, 29° 01' y 32° 12' latitud sur y más específicamente la Región de Coquimbo, se cultivan chirimoyos en áreas con temperaturas medias de unos 25°C en el mes más cálido y 13°C en el más frío. Por debajo de 14°C la calidad del fruto disminuye de manera marcada. Las temperaturas entre 15° y 25°C definen el óptimo de crecimiento, siempre que no haya limitaciones en el aporte hídrico (ODEPA-CIREN, Catastro Frutícola Nacional IV Región, Actualización, 1999).

El chirimoyo es muy sensible a las temperaturas extremas. A -2°C se producen daños importantes en hojas, frutos y tallos. También se producen daños considerables cuando en verano alcanzan los 30°C. A esta temperatura la calidad del polen disminuye considerablemente.

El cuajado del fruto se ve afectado seriamente cuando la temperatura media de máximas supera los 29°C. También se produce la caída de frutos recién cuajados, así como quemaduras en hojas y frutos muy expuestos al sol. La sequía y el calor inducen la latencia del árbol y el desarrollo floral. Cuando sobreviene una helada se adelanta la caída de las hojas (senescencia).

Los vientos continuos durante la floración disminuyen el cuajado. Además, influyen negativamente en el crecimiento vegetativo (ODEPA-CIREN. Catastro Frutícola Nacional IV Región, Actualización, 1999).

Usos

La chirimoya se consume fresca como postre, sola o adicionada de jugo de naranja, también incorporada a helados; como pulpa congelada tiene diversos usos, siendo el jugo de chirimoya la forma de mayor consumo. Se han desarrollado diversos proyectos para su industrialización como fruta entera, pero no han tenido éxito masivo, debido a lo delicado de su textura, aroma y facilidad de sufrir pardeamiento oxidativo (Díaz., 2006). Se ha explorado la exportación a mercados de Estados Unidos de América.

4.4.2. Estudio analítico de la semilla de chirimoya y su aceite

Material de análisis

Se obtuvieron cuatro lotes de frutos de chirimoya variedad conchalisa. Cada lote estuvo constituido por 10 kg, que se compraron en supermercados de La Región de Coquimbo, paralelo 32° 16' latitud sur, Chile. Los lotes se designaron Chi-L1, Chi-

L2, Chi-L3 y Chi-L4 y las fechas de muestreo fueron: julio, septiembre, octubre y noviembre de 2003.

Obtención de las semillas

Se trabajó con la totalidad de los frutos de cada lote. Las semillas se extrajeron manualmente y se lavaron para retirar restos de pulpa.

Estabilización

Las semillas se secaron sobre pliegos de papel de aluminio en estufa de aire forzado a 60°C para su estabilización. Posteriormente se determinó la humedad de acuerdo al procedimiento descrito en el método 3.2.1.1.

Almacenamiento

Las semillas obtenidas de cada lote se guardaron en frascos herméticos con contratapa y tapa de rosca debidamente rotulados, y se mantuvieron a temperatura de refrigeración (4°C) hasta su análisis.

Caracterización de la semilla

De cada lote, previo a su análisis proximal, se tomaron al azar 40 semillas para determinar peso, largo y ancho promedio de una semilla, calculándose para cada atributo el valor promedio \pm DS.

Muestra de análisis

Estuvo constituida por el homogeneizado obtenido en un molinillo de laboratorio Krupp a partir de unos 300 g de semillas obtenidas al azar de cada lote.

Resultados y discusión de las características de la semilla de chirimoya y su aceite

La caracterización del fruto y de la semilla de la chirimoya, su composición centesimal y las características químicas del aceite extraído de las mismas, correspondiente a los cuatro lotes analizados Chi-L1, Chi-L2, Chi-L3 y Chi-4, con su respectivo valor promedio y D.S., se presentan en las Tablas y Figuras siguientes:

Tabla:

- Tabla Chi-1 Caracterización del fruto y de la semilla de la chirimoya.
- Tabla Chi-2 Composición proximal de la semilla de la chirimoya (g/100g).
- Tabla Chi-3 Ácidos grasos del aceite de la semilla de la chirimoya (g AG/100g AG).
- Tabla Chi-4 Triglicéridos del aceite de la semilla de la chirimoya (%).
- Tabla Chi-5 Tocolos del aceite de la semilla de la chirimoya (mg/kg).
- Tabla Chi-6 Fitoesteroides del aceite de la semilla de la chirimoya (mg/kg).

Figuras:

- Figura Chi-3. Imágenes de semilla de chirimoya.
- Figura Chi-4 Composición centesimal de la semilla de chirimoya y su distribución porcentual.
- Figura Chi-5 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de chirimoya.
- Figura Chi-6 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de chirimoya.
- Figura Chi-7 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de semilla de chirimoya con otros aceites de composición similar.
- Figura Chi-8 Ácidos grasos mayoritarios del aceite de semilla de chirimoya comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Chi-9 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de chirimoya.
- Figura Chi-10 Tocolos del aceite de la semilla de la chirimoya.
- Figura Chi-11 Tocolos del aceite de la semilla de chirimoya comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Chi-12 Fitoesteroides del aceite de la semilla de chirimoya.

- Figura Chi-13 Fitoesteroides del aceite de la semilla de chirimoya comparados con otros aceites de composición similar.

La Tabla Chi-1 muestra los resultados obtenidos de la medición del largo, ancho y peso de los frutos y semillas estudiados. El peso promedio del fruto fue de 435 ± 40 g con un número de 30 ± 5 semillas por fruto. Las semillas (Figura Chi-3) miden alrededor de $1,7 \pm 0,2$ cm y su peso fue de $0,460 \pm 0,012$ g. Actualmente no tienen ninguna aplicación práctica y se descartan después del consumo del fruto.

Tabla Chi-1. Caracterización del fruto y de la semilla de chirimoya

	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)	Nº SEMILLAS/FRUTO
Fruto (n=40)	14 ± 2	12 ± 2	435 ± 40	30 ± 5
Semillas (n=40)	$1,7 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,1$	$0,460 \pm 0,012$	-



Masson, 2003



Masson, 2003

Figura Chi-3. Semillas de chirimoya

La composición centesimal de las semillas de chirimoya (Tabla Chi-2 y Figura Chi-4) nos muestra una humedad en torno a 6 – 8% que es suficiente para estabilizar dichas semillas.

El componente mayoritario es la fibra, con un valor medio de $39,4 \pm 2,2$ g/100 g; este alto porcentaje de fibra se justifica ya que la semilla está recubierta por una capa celulósica de color pardo oscuro. Le siguen los hidratos de carbono y la materia grasa con promedios de $21,5 \pm 0,4$ y $17,2 \pm 0,9$ g/100 g, respectivamente.

Tabla Chi-2. Composición centesimal de la semilla de chirimoya (g/100 g)

	Humedad	Proteínas (Nx6,25)	Grasa	Hidratos de Carbono*	Fibra	Contenido mineral
Chi-L1	6,4	15,1	17,0	21,4	38,4	1,7
Chi-L2	8,3	12,3	18,5	22,0	36,8	2,1
Chi-L3	6,1	13,3	16,3	21,6	40,7	2,0
Chi-L4	6,7	11,9	17,0	21,0	41,7	1,7
X±D.S.	6,9 ± 1,0	13,1 ± 1,4	17,2 ± 0,9	21,5 ± 0,4	39,4± 2,2	1,9 ± 0,2

*Hidratos Carbono = g/100 g glucosa

El aceite, que es el componente objeto de este estudio, representa como promedio 17,2 g/100 g que es un porcentaje importante, incluso mayor que el que contienen semillas de las cuales se obtiene aceite, como pepa de uva y rosa mosqueta, del orden del 6 - 7% (Masson *et al.*, 2008). El aporte proteico es algo inferior con un valor promedio de 13 %.

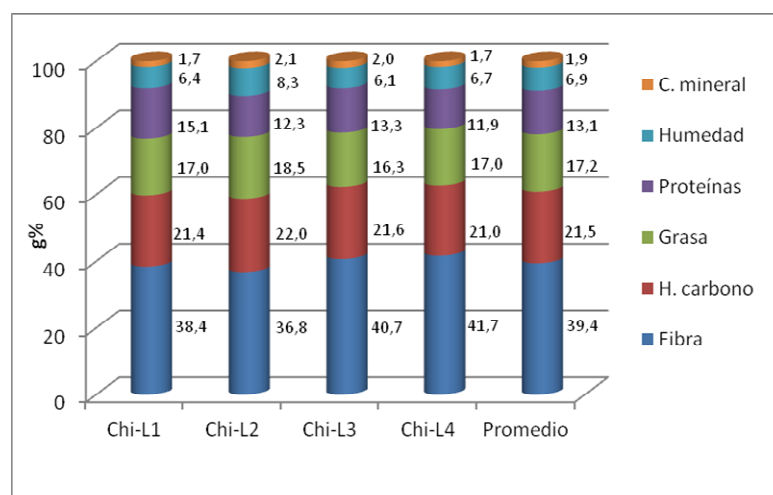


Figura Chi-4. Composición centesimal de la semilla de chirimoya y su distribución porcentual

La Tabla Chi-3 muestra la composición en ácidos grasos del aceite extraído de las semillas de la chirimoya de los cuatro lotes analizados.

Tabla Chi-3. Ácidos grasos del aceite de la semilla de chirimoya (g AG/100 g AG)

ÁCIDOS GRASOS		Chi-L1	Chi-L2	Chi-L3	Chi-L4	X ± D.S.
Mirístico	14:0	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05 ± 0,00
Palmítico	16:0	16,06	13,4	15,35	14,83	14,91 ± 1,13
Heptadecanoico	17:0	0,20	0,20	0,22	0,21	0,21 ± 0,01
Esteárico	18:0	8,17	7,18	7,25	7,79	7,60 ± 0,50
Ecosanoico	20:0	0,82	0,76	0,78	0,77	0,78 ± 0,03
Docosanoico	22:0	0,19	0,16	0,19	0,17	0,17 ± 0,01
Tetracosanoico	24:0	0,20	0,14	0,15	0,15	0,16 ± 0,03
AGS totales		25,69	21,89	23,98	23,97	23,88 ± 1,56
Palmitoleico	16:1n7	0,34	0,26	0,30	0,19	0,27 ± 0,06
Heptadecenoico	17:1n11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05 ± 0,00
Oleico	18:1n9c	44,51	43,06	39,32	43,69	42,64 ± 2,29
Octadecenoico	18:1n7	0,36	0,32	0,26	0,36	0,33 ± 0,05
Eicosenoico	20:1n9	0,20	0,18	0,17	0,18	0,18 ± 0,01
AGMI totales		45,46	43,88	40,1	44,47	43,47 ± 2,34
Linoleico	18:2n6	27,76	32,96	34,45	30,13	31,32 ± 2,98
Linolénico	18:3n3	1,09	1,27	1,47	1,43	1,32 ± 0,17
AGPI totales		28,85	34,23	35,92	31,56	32,64 ± 3,1
Relaciones						
AGPI:AGMI:AGS						1,4:1,8:1,0
Linoleico:Linolénico						24:1
Linoleico:Oleico						0,7 : 1

De los datos presentados se desprende que el aceite de semilla de chirimoya puede considerarse un aceite especial, más equilibrado en su composición que lo habitual en los aceites vegetales, en que normalmente un grupo de ácidos grasos, sean los saturados, los monoinsaturados o los poliinsaturados, predominan

notariamente. En este aceite la relación entre AGPI:AGMI:AGS = 1,4:1,8:1,0 (Figura Chi-6).

En el aceite de semilla de chirimoya hay un predominio del grupo de los AGMI, con un 43,5%, que corresponde principalmente a ácido oleico, con un 42,6%, lo que representa aproximadamente un 98% del total de los AGMI presentes. Le sigue el grupo de los AGPI con 32,6%; de éstos, el 96% corresponde a ácido linoleico con 31,3 % de promedio, lo cual lo señala como una buena fuente de este ácido graso esencial. En cuanto a los AGS presentes en un 23,88%, están representados principalmente por el ácido palmítico con prácticamente 15% y ácido esteárico con un 7,6% (Figura Chi-5).

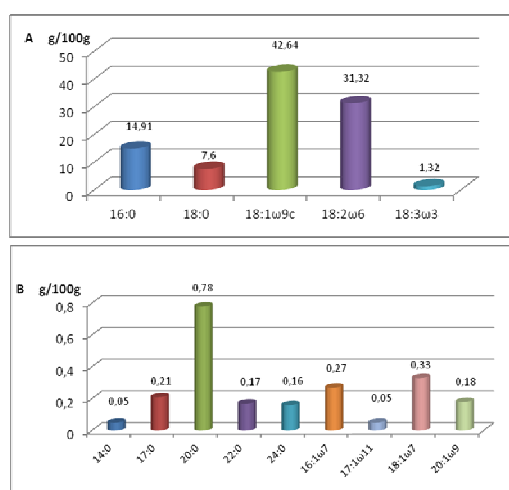


Figura Chi-5 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de chirimoya

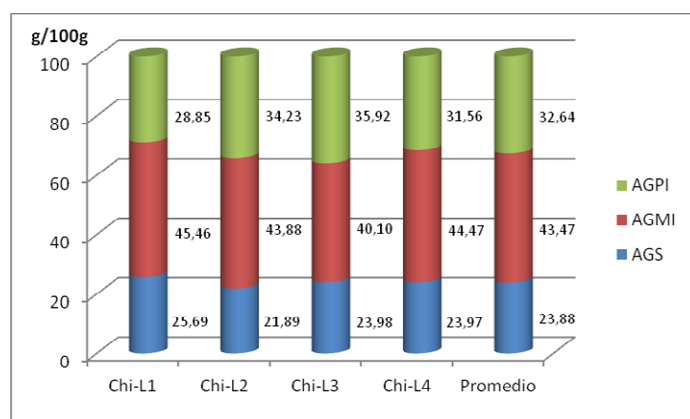


Figura Chi-6. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de chirimoya

Los valores de ácido oleico y linoleico obtenidos en este estudio son similares a los presentados por Leuzzi *et al.* (1994), quienes señalaron 80% entre estos 2 ácidos sobre el contenido total en aceite de *Annona cherimola*. Así mismo, Yousfi *et al.* (2005) y Farhoosh *et al.* (2008) informaron un perfil de ácidos grasos del aceite de *Pistachia atlantica* Fruit, similar en sus componentes mayoritarios al del aceite de semilla de la chirimoya, es decir, señalan del orden de 27% de AGS, 47% de AGMI y 26% de AGPI.

Nuestro aceite se ha comparado con los de germen de arroz (*Oriza sativa*), maní (*Arachis hipogaea*) y semilla de mayú (*Sophora macrocarpa*) (Figura-Chi-7 y Figura Chi-8). Se observan diferencias, principalmente en la composición de los AGS, ya que en el aceite de semilla de chirimoya la relación 16:0:18:0 es 2:1 en cambio, en el aceite de germen de arroz la relación es 10:1.

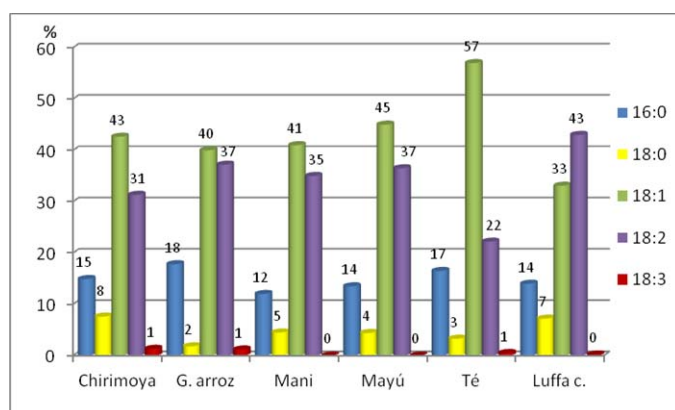


Figura Chi-7. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de semilla de chirimoya comparada con otros aceites de composición similar

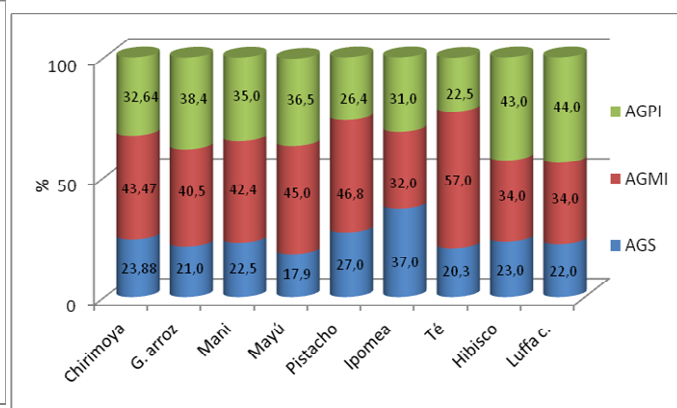


Figura Chi-8. Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de chirimoya comparada con otros aceites de composición similar

De igual manera, existen otras semillas cuyo aceite presenta un perfil de ácidos grasos cercano o comparable al de la semilla de chirimoya; entre éstos se encuentra el de algunas semillas de origen vietnamita como *Luffa cylindrica*, *Hibiscus sabdariffa*, *Ipomea acuatica* (Matthaus *et al.*, 2003), de semilla de té (*Camellia sinensis*), aceite que se acepta como comestible en China y Japón (Sahari *et al.*, 2004).

Esta composición equilibrada entre AGMI y AGPI puede dar origen a un grupo de aceites naturales diferentes de tipo medio oleico – linoleico, que no es frecuente encontrar entre los aceites comestibles habituales (Dubois *et al.*, 2007). Se trata de aceites que son más bien altamente monoinsaturados, como los de oliva, palta, girasol alto oleico, canola o altamente poliinsaturados como girasol normal, pepa de uva, cártamo, etc.

En la Figura Chi-7, se observan las marcadas las diferencias entre los aceites, si bien puede haber cierta cercanía entre los grupos. Al comparar con el aceite de maní, se observa que dentro de los AGS hay notable diferencia entre los dos más importantes palmítico 16:0 y esteárico 18:0, entre ambos aceites, observándose una

mayor cercanía en cuanto a los contenidos de ácido oleico 18:1n9c y el ácido linoleico 18:2n6. Revisando la composición en AG mayoritarios en cada grupo, se observa que dentro de ellos, el ácido palmítico 16:0 es el mayoritario en todos los aceites con los que se ha comparado el de la semilla de chirimoya, y en este contexto, el valor más cercano al que presenta este aceite (14,9%) es el de la *Luffa cylindrica* (14,0%) seguido del aceite de semilla de mayú (13,5%), y el de maní es el que tiene el menor porcentaje (12%). Todos los otros aceites tienen valores más altos que el de semilla de la chirimoya, entre 16,5 % (aceite de semilla de té) y 25,2% (aceite de semilla de pistacho).

Dentro de los AGMI, siendo el ácido oleico 18:1 n-9 el mayoritario en todos los aceites comparados, el más próximo al aceite de semilla de chirimoya (42,6%) es el de maní (41%), seguido por el de germen de arroz (40,0%); el aceite con mayor contenido es el de té (57%).

En el grupo de los AGPI, igualmente el ácido linoleico es el mayoritario, pero se observa una mayor variación en su contenido entre los aceites comparados, siendo el valor más cercano al del aceite de semilla de chirimoya (31,3%) el de maní (35,0%); los otros aceites lo contienen entre un rango de 22% (aceite de semilla de té) y 43% (aceite de semilla de *Luffa cylindrica*). El contenido de ácido α -linolénico, es muy bajo en todos los aceites y el más cercano es el de germen de arroz con 1,2%. Observando la relación n-6:n-9, ninguno de los aceites comparados coincide con el de semilla de la chirimoya 0,7:1,0, presentando la relación más cercana el de semilla de mayú con 0,8:1,0 (Masson y Mella, 1985).

Al estudiar comparativamente los tres grupos de ácidos grasos del aceite de semilla de chirimoya con otros de composición similar (Figura Chi-8), se desprende que de acuerdo a su distribución porcentual y a las relaciones del grupo AGPI y AGMI con los AGS, la composición más cercana al aceite de la semilla de chirimoya es la del aceite de maní.

En relación a la distribución porcentual de los principales triglicéridos presentes en el aceite de la semilla de chirimoya (Tabla Chi-4 y Figura Chi-9), dada la distribución porcentual entre los tres grupos de AG del aceite motivo de estudio,

considerada equilibrada, se esperaba una distribución de especies de TG con amplia participación de los tres ácidos grasos mayoritarios oleico, linoleico y palmítico. Los ECN se encuentran entre 40 y 50.

Tabla Chi-4. Triglicéridos del aceite de la semilla de chirimoya (%)

TRIGLICERIDOS	Notación	ECN	Chi-L1	Chi-L2	Chi-L3	Chi-L4	X ± D.S.
Dilinoleillinolenina	LLLn	40	0,7	0,9	0,8	0,4	0,7 ± 0,2
Trilinoleína	LLL	42	3,9	4,1	4,0	4,1	4,0 ± 0,1
Oleildilinoleína	OLL	44	17,8	18,9	18,5	18,6	18,4 ± 0,5
Dioleillinolenina	OLnO	44	0,9	0,5	0,8	1,0	0,8 ± 0,2
Dilinoleilpalmitina	LLP	44	8,8	8,3	8,7	7,4	8,3 ± 0,6
Dioleilinoína	OLO	46	17,1	17,7	17,4	17,4	17,4 ± 0,2
Dilinoleilestearina+ Oleillinoilpalmitina	SLL+ OLP	46	19,7	18,3	19,3	19,4	19,2 ± 0,6
Dipalmitoillinoína	PLP	46	3,7	3,9	3,9	2,4	3,5 ± 0,7
Trioleína	OOO	48	10,3	12,3	11,5	12,0	11,5 ± 0,9
Estearillinoiloleína+ Dioleilpalmitina	SLO+ OOP	48	10,0	10,1	10,1	10,5	10,2 ± 0,2
Estearillinoiloleína +Dipalmitoileína	SLP+ POP	48	3,0	2,1	2,0	3,1	2,6 ± 0,6
Dioleilestearina	SOO	50	4,1	2,9	3,0	3,7	3,4 ± 0,6

ECN = N° Equivalente de Carbonos = CN - 2DB

CN = N° total de C de la cadena, 2DB = 2 veces el N° de dobles enlaces

Los triglicéridos más representativos, como era de esperar, tienen alta presencia de estos tres ácidos grasos encontrándose entre 10 y 19%, correspondiendo 77% del total de especies detectadas. Se encontraron varias dioleínas formando triglicéridos con el ácido palmítico y el linoleico; así mismo, trioleína, dilinoleínas y mezclas de algunos triglicéridos probables.

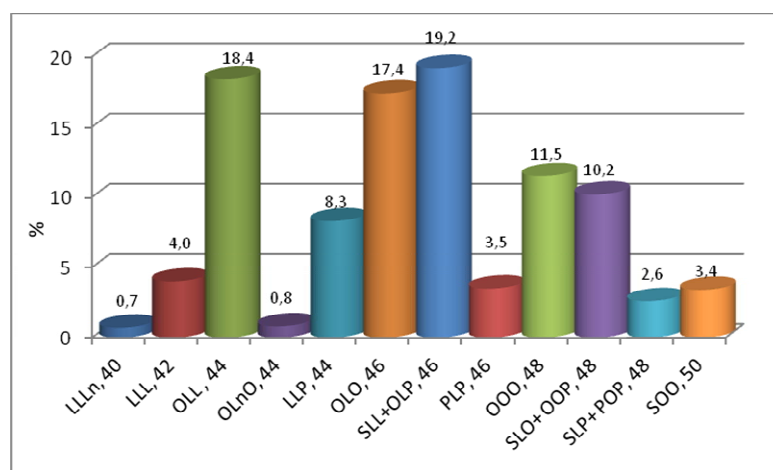


Figura Chi-9. Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de chirimoya

Como información referencial, dada la comparación hecha en cuanto a composición de ácidos grasos con el aceite de semilla de pistacho, las especies de TG más importantes en este aceite son OOO, OLO, OOP y OLP con porcentajes de 9,2; 15,1; 16,8 y 18,7%, respectivamente (Yousfi *et al.*, 2005), valores que están cercanos a los obtenidos en este estudio para el aceite de la semilla de chirimoya (Tabla Chi-4).

El contenido de tocoles de este aceite se presenta en la Tabla Chi-5 y en la Figura Chi-10.

Tabla Chi-5. Tocolos del aceite de la semilla de chirimoya (mg/kg)

TOCOLES	Chi-L1	Chi-L2	Chi-L3	Chi-L4	X ± D.S.
α-Tocoferol	14	13	15	20	16 ± 3
γ-Tocoferol	125	119	119	179	135 ± 29
Total	139	132	134	199	151 ± 32

Solo se detectó la presencia de α-Tocoferol, promedio 16 mg/kg y γ-Tocoferol, el mayoritario, con un promedio de 135 mg/kg, con un total de 151 mg/kg; por lo tanto, este aceite no se puede considerar como una fuente importante de tocoferoles, aunque la presencia mayoritaria del γ-Tocoferol, es importante por la protección antioxidativa que debe proporcionar a este aceite, dado su contenido mediano de ácido linoleico de 31%.

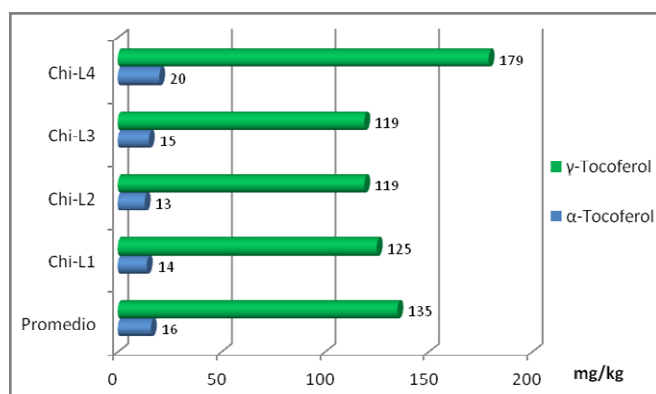


Figura Chi-10. Tocolos del aceite de la semilla de chirimoya

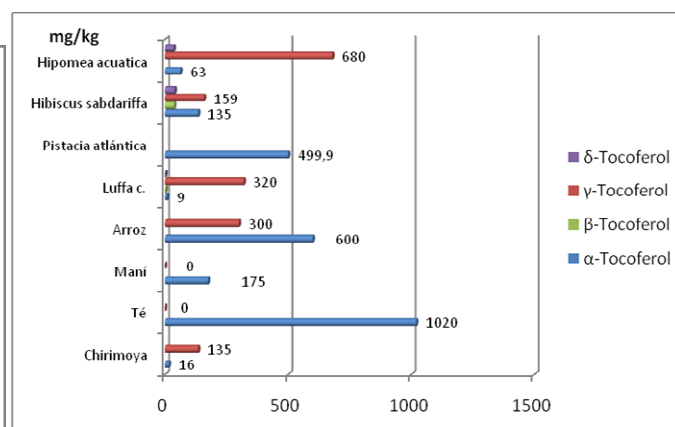


Figura Chi-11. Tocolos del aceite de la semilla de chirimoya comparados con otros aceites de composición similar

El contenido de tocoferol total del aceite de la semilla de la chirimoya, de 151 mg/kg, se acerca al valor mínimo señalado para aceite de maní 175 mg/kg (Figura Chi-11), siendo muy inferior a los indicados para aceite de semilla de té y germen de arroz, del orden de 1000 mg/kg. El aceite de semilla de *Luffa cylindrica*, presenta un contenido total de tocoferoles de 334 mg/kg siendo el principal el γ-tocoferol con 320 mg/kg; el aceite de semilla de *Pistacia atlántica* sub-especie mutica, presenta un contenido total de tocoferoles de 499,9 mg/kg siendo prácticamente solo α-tocoferol. El aceite de semilla de *Ipomoea acuatica* presenta un contenido de tocoferoles total de 814 mg/kg siendo el mayoritario el γ-tocoferol con 680 mg/kg.

En la Tabla Chi-6 y en la Figura Chi-12, se presentan los resultados de los fitoesteroles presentes en la materia insaponificable de este aceite.

Tabla Chi-6. Fitoesteroles del aceite de la semilla de chirimoya (mg/kg)

FITOESTEROLES	Chi-L1	Ch-L2	Ch-L3	Ch-L4	X ± D.S.
Campesterol	348	353	335	374	352 ± 16
Estigmasterol	680	693	689	701	691 ± 9
β-Sitosterol	2319	2379	2298	2246	2310 ± 55
Δ5-Avenasterol	86	90	77	89	86 ± 6
Δ7-Estigmasterol	115	114	109	122	115 ± 5
Total	3548	3629	3508	3532	3554 ± 52

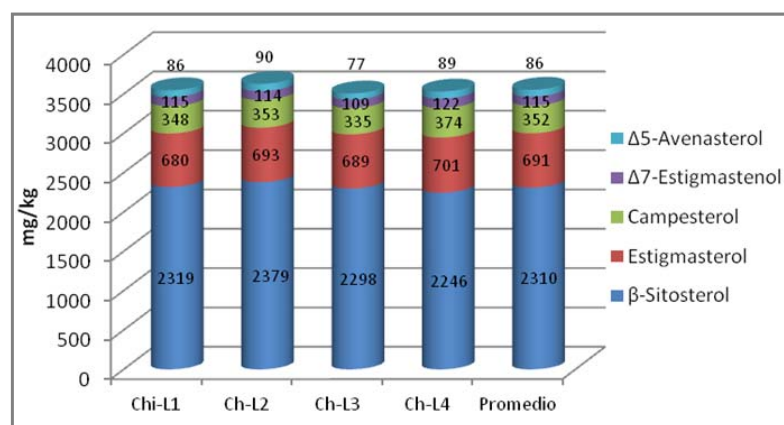


Figura Chi-12. Fitoesteroles del aceite de la semilla de chirimoya

Es notable el contenido de β -Sitosterol del aceite de semilla de la chirimoya, de 2310 mg/kg, equivalente a un 65% del total de los fitoesteroles presentes, lo que coincide con lo expresado por Leuzzi et al. (1994), quienes indican una fracción de este fitoquímico cercana al 60%; en segundo lugar está el estigmasterol, con una participación, en ambos trabajos, cercana al 20%.

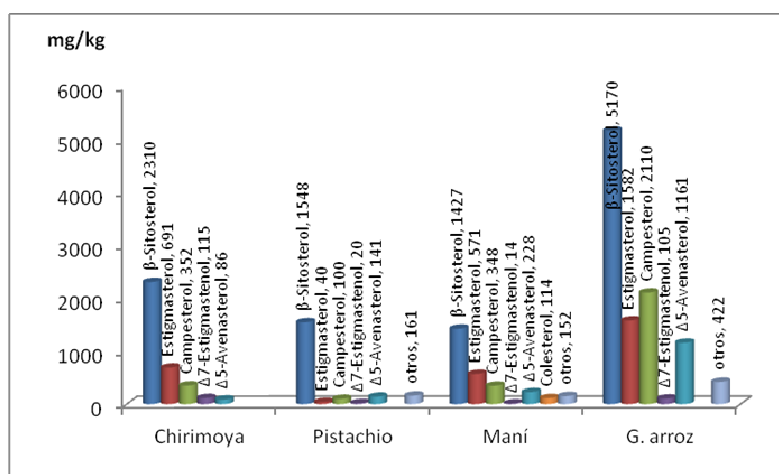


Figura Chi-13. Fitoesteroles del aceite de la semilla de chirimoya comparada con otros aceites de composición similar

La Figura Chi-13 contiene los valores de fitoesteroles promedio del aceite de semilla de chirimoya, comparado con datos de la literatura para aceites de semillas de pistachio, maní y germen de arroz (Firestone, 2006).

Comparado con el contenido de fitoesteroles de los aceites de semillas de pistachio y maní, el aceite de semilla de chirimoya los supera en cuatro de los cinco fitosterol principales, destacando su alto contenido de β -Sitosterol. No es

comparable con el aceite de germen de arroz, conocido por su alto aporte de fitoesteroles que supera las 10000 mg/kg (Firestone, 2006).

4.4.3. Conclusiones respecto a la semilla de chirimoya y su aceite

- La semilla de chirimoya se caracteriza por tener como componente mayoritario la fibra con un promedio de 39,4 %, le siguen los hidratos de carbono con un promedio de 21,5%, a continuación el contenido de grasa con un promedio de 17,2% y proteínas con un valor promedio de 13,1%. Esta composición es muy equilibrada, lo que merece destacarse. El contenido de grasa, de 17%, le permite ser considerada como una semilla potencialmente interesante para obtener un aceite especial a nivel industrial.
- El aceite extraído de esta semilla es:
 - Equilibrado en su composición en AGMI y AGPI por lo que puede considerarse perteneciente a un nuevo grupo de aceites de composición intermedia medio oleico – medio linoleico, que lo diferencia y distingue claramente de los aceites de semillas oleaginosas de consumo habitual. Constituye una buena alternativa para ser considerado como otra fuente no tradicional de un aceite comestible.
 - El principal tocol es γ -tocoferol con un aporte promedio de 135 mg/kg que se considera un valor moderado.
 - Destaca por su importante contenido en β -sitosterol, próximo a 2000 mg/kg.
 - A pesar de las interesantes cualidades de este aceite, no se puede considerar potencialmente como un aceite con características de alimento funcional.
- Como semilla, dada su equilibrada composición, podría investigarse su empleo como ingrediente en diferentes alimentos. No obstante, como el objetivo de este estudio ha sido la calidad nutricional del aceite y su aporte de componentes funcionales, la seguridad de su consumo debe confirmarse.

4.4.4. Bibliografía sobre la semilla de chirimoya y su aceite

- Díaz, L., 2006. Industrialización y aprovechamiento de productos y sub-productos derivados de materias primas agropecuarias de la Región de Coquimbo. LOM ediciones Ltda. Santiago, Chile. 285 p.
- Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni J., and Parmentier, M., 2007. Fatty acid profile of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 109:710-732.
- Farhoosh, R., Tavakoli, J., Hossein, M., and Khodaparast, H., 2008. Chemical composition and stability of kernel oils from two current subspecies of *Pistacia atlántica* in Iran. J Am Oil Chem Soc 85:723-729.
- Farré, J., y Hermoso, J., 1987. Informe del viaje de exploración sobre la chirimoya realizado a Ecuador y Perú entre el 1 de abril y el 15 de mayo de 1987, Estación experimental "La mayora", Málaga, España.
- Firestone, D. (Editor), 2006. Physical and chemical characteristics of oils, fats and waxes. AOCS Press. 2nd Edition USA.
- Leuzzi, U., Guiffre, A.M., Manziu, E., Poiana, M., Mincione, B., Monastra, F., 1994. L'olio di semi di Anona (Annona Cherimola, Mill.): studio della frazione acidica e sterolica (Seed oil of anona (Annona cherimola Mill.) study of acidic and sterolic fractions). Riv. Ital. Sostanze Grasse vol. 71(11): 543-546.
- Masson, L. y Mella, M.A., 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.
- Masson, L., Camilo, C., Gonzalez, K., Cáceres, A., Jorge, N., and Torija, M.E., 2008. New Sources of Oilseeds from Latin American Native Fruits. Natural Products Communications 3, 357 – 362.
- Mathaus, B., Vosmann, K, Pham, L.Q. and Aitzetmüller, K. 2003. FA and Tocopherol Composition of Vietnamese oilseeds. J.Am.Oil.Chem.Soc. 89, 1013-1020.
- ODEPA-CIREN. 1999. Catastro Frutícola Nacional IV Región. Actualización.
- Popenoe, W., 1934. Manual of tropical and subtropical fruits. New york. Mcmillan co. 161-165 p.
- Sahari, M.A., Ataii, D., y Hamedí, M., 2004. Characteristics of Tea Seed Oil in Comparison with Sunflower and Olive Oils and Its Effect as a Natural Antioxidant. J. Am. Oil Chem. Soc. 81: 585 – 588.

Weberbauer, A., 1945. El mundo vegetal de los andes peruanos. Ministerio de agricultura. Lima. Perú.

Yousfi, M., Nadjemi, B., Belal, R., Bombarda, I., y Gaydou, E.M., 2005. Triacylglycerol Composition of Oil from *Pistachia atlantica* Fruit Growing in Algeria. J. Am. Oil Chem. Soc. 82: 93-96.

4.5. Espino (*Acacia caven* Mol.)

El espino pertenece a la familia *Fabaceae* y a la especie botánica *Acacia caven* Mol. Son sinónimos *Mimosa caven*, *Acacia cavenia*, *Mimosa cavenia*, *Acacia farnesiana*, *Vachellia farnesiana* y los nombres vernáculos son: espino maulino, espinillo, cavén y churque.

4.5.1. Aspectos generales del espino

Descripción

La etimología de *Acacia*, viene del griego *akis* = punta, aludiendo a las espinas de las especies de acacias africanas, ya que las australianas normalmente carecen de ellas; *caven*, es el nombre nativo, mapuche, del árbol.

Es un árbol pequeño, caducifolio o semipersistente, de hojas de color verde claro, copa ancha y amplia, de 2 - 3 m de altura, con estípulas espinosas blanquecinas de 1 - 3 cm de longitud. La corteza con surcos, de color pardo; su madera es blanco-amarillenta o pardo rojiza, dura y densa. Las ramas y el tronco producen una sustancia de tipo resinoso.

Se reproduce fácilmente a partir de semillas (Figura Es-1). Tiene flores de color amarillo dorado de 1 cm de diámetro, muy perfumadas dispuestas en cabezuelas de 1 a 2 cm de diámetro. La floración es al comienzo de la primavera austral, antes de la foliación. Se recolectan como materia prima para perfumes.



Figura Es-1. Árbol, flores y vainas de espino

El fruto es una legumbre cilíndrico-fusiforme, en forma de vaina de tamaño variable, de 3 – 10 cm de longitud y 1,2 - 2,5 cm de ancho, de color pardo oscuro a negro, llamado "*quirinca*" (Figura Es-2). Se mantiene en las ramas la mayor parte del

año. En su interior se encuentran las semillas de color negro-verdoso, de 5 a 10 mm de largo.



Masson, 2003

Masson, 2003

Figura Es-2. Fruto del espinino, "quirinca"

Distribución geográfica

El espinino, "churque" o *Acacia caven* es una especie nativa de América subtropical, muy abundante en las estepas, cerros y llanuras; es un árbol espinoso y por exceso de poda pasa a ser un arbusto muy ramificado. En Chile, crece desde el norte 27° 22' latitud sur, correspondiente al valle del río Copiapó, Región de Atacama y los cerros y llanuras de la Región de Coquimbo, hasta Concepción, Región del Bío-Bío 36° 48' latitud sur. Es una especie muy importante en la zona central de Chile, se ubica principalmente en el litoral, y también se encuentra en Argentina, Uruguay, Paraguay (Rodríguez *et al.*, 1983).

Usos

La madera obtenida de este árbol se usa especialmente para fabricar postes de cercos, de corrales, alambrados rústicos, estacas para viñas, es buena para leña y para fabricar carbón vegetal de excelente calidad. Sus flores son emplean para perfumería, ya que de ellas se extrae su aceite esencial. Los frutos y la corteza son ricos en taninos, por lo que se utilizan para curtir cueros. La corteza, hojas y flores tienen distintos usos medicinales: como astringente, especialmente para curar úlceras y heridas, tanto en personas como en animales. Las semillas molidas y pulverizadas presentan propiedades digestivas y estimulantes (Muñoz *et al.*, 1981).

4.5.2. Estudio analítico de la semilla de espino y su aceite

Material de análisis

Se obtuvieron dos lotes de vainas de espino. Cada lote estuvo constituido por aproximadamente 10 kg, que fueron recolectados en la Región de Valparaíso, paralelo 33° 03' latitud sur, Chile. Los lotes se designaron Es-L1 y Es-L2 y las fechas de muestreo fueron: marzo a junio de 2003.

Obtención de las semillas

A cada lote se aplicó el sistema de cuarteo, obteniéndose una muestra representativa de aproximadamente 2,5 kg de vainas. Para la caracterización de las semillas, se abrieron manualmente al azar 250 vainas de cada lote ($n = 500$).

Estabilización

Las semillas obtenidas del proceso de cuarteo de las vainas se secaron sobre pliegos de papel de aluminio en estufa de aire forzado a 60°C para estabilizarlas, la humedad se controló posteriormente aplicando el método descrito en 3.2.1.1

Almacenamiento

Las semillas obtenidas de cada lote se guardaron en frascos herméticos con contratapa y tapa de rosca debidamente rotulados, los cuales se mantuvieron a temperatura de refrigeración (4°C) hasta su análisis.

Caracterización de la semilla

De cada lote de semillas se pesaron al azar 25 para determinar peso, largo y ancho promedio de cada una de ellas, calculando para cada atributo el valor promedio \pm DS y se calculó el número medio de semillas por vaina.

Muestra de análisis

Estuvo constituida por el homogeneizado obtenido en un molinillo de laboratorio Krupp de aproximadamente 300 g de semillas obtenidas al azar de cada lote.

Resultados y discusión de las características de la semilla de espino y su aceite

La caracterización del fruto y de la semilla del espino, su composición centesimal y las características químicas del aceite extraído de las mismas, correspondientes a los dos lotes analizados Es-L1 y Es-L2, con su respectivo valor promedio, se presentan en las Tablas y Figuras siguientes:

Tablas:

- Tabla Es-1 Caracterización del fruto y de la semilla de espino.
- Tabla Es-2 Composición centesimal de la semilla de espino (g/100 g).
- Tabla Es-3 Ácidos grasos del aceite de la semilla de espino (g AG/100 g AG).
- Tabla Es-4 Triglicéridos del aceite de la semilla de espino (%).
- Tabla Es-5 Tocolos del aceite de la semilla de espino (mg/kg).
- Tabla Es-6 Fitoesteroides del aceite de la semilla de espino (mg/kg).

Figuras:

- Figura Es-3 Imágenes de las semillas de espino.
- Figura Es-4 Composición centesimal de la semilla de espino y su distribución porcentual.
- Figura Es-5 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de espino.
- Figura Es-6 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de espino.
- Figura Es-7 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de espino comparada con otros aceites de composición similar.
- Figura Es-8 Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de espino comparados con otros aceites de composición similar.

- Figura Es-9 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de espino.
- Figura Es-10 Tocolos del aceite de la semilla de espino.
- Figura Es-11 Tocolos del aceite de la semilla de espino comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Es-12 Fitoesteroles del aceite de la semilla de espino.
- Figura Es-13 Fitoesteroles del aceite de la semilla de espino comparados con otros aceites de composición similar.

Las características del fruto y la semilla de espino (Tabla Es-1 y Figura Es-3) dan muestra de la presencia de numerosas semillas por vaina; el largo y ancho de la misma están dentro de lo señalado por Boelcke (1989).

Tabla Es-1. Caracterización del fruto y de la semilla de espino

	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	PESO (g)	Nº SEMILLAS/VAINA
Fruto (n = 50)	80 ± 5	18 ± 2	$6,3 \pm 1,5$	$22 \pm 6,0$
Semillas (n = 50)	$7,9 \pm 0,7$	$5,6 \pm 0,6$	$0,15 \pm 0,02$	-

Los datos referentes al peso y número medio de semillas por vaina, son nuevos, sin haberse encontrado referencias en la literatura.



Masson, 2003

Masson, 2003

Figura Es-3. Imágenes de las semillas de espino

En la Tabla Es-2 se presenta la composición centesimal de la semilla del espino expresada en g/100 g y su representación grafica con su respectiva distribución porcentual en la Figura Es-4.

Tabla Es-2. Composición centesimal de la semilla del espino (g/100 g)

	Humedad	Proteínas (Nx6,25)	Grasa	Hidratos de carbono*	Fibra	Contenido mineral
Es-L1	3,8	20,7	4,7	10,4	58,2	2,2
Es-L2	3,9	19,5	4,3	10,7	59,2	2,4
X ± D.S.	3,9 ± 0,07	20,1 ± 0,8	4,5 ± 0,3	10,5 ± 0,2	58,7 ± 0,7	2,3 ± 0,1

Hidratos carbono* = g/100 g glucosa

La humedad de las semillas secas de espino es muy próxima al 4%, pero lo que más destaca es la importante cantidad de fibra, componente mayoritario, con un valor medio de 58,7%. Este alto valor de fibra se justifica pues la semilla es muy dura, de corteza leñosa, dado que procede de un arbusto de zona semi desértica.

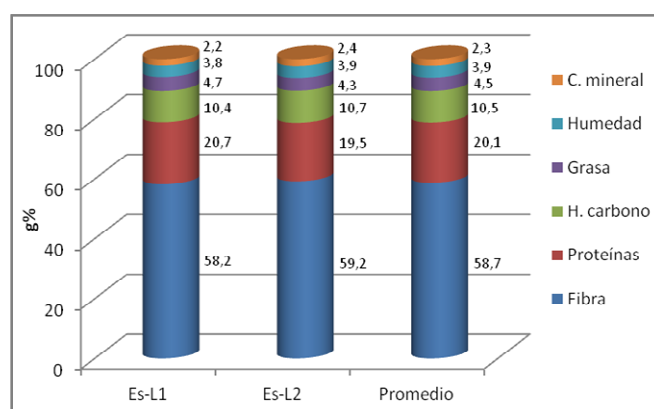


Figura Es-4. Composición centesimal de la semilla de espino y su distribución porcentual

Como fuente de nutrientes, el aporte proteico es el más importante, 20,1% seguido por los hidratos de carbono con 10,5%; la materia grasa es minoritaria, con un promedio de 4,5% y el contenido mineral es de 2,3%.

Los datos del contenido de ácidos grasos (Tabla Es-3 y Figuras Es-5 y Es-6), demuestran que corresponde a un aceite preferentemente poliinsaturado, con 44,64% de AGPI respecto a los AG totales, correspondiendo casi en un 100% al ácido linoleico. Según esto, se puede decir que el aceite de la semilla de espino se clasifica según Masson y Mella (1985) en el grupo de las materias grasas de origen vegetal con más de 40% de ácido linoleico. Los datos obtenidos demuestran que este aceite es una excelente fuente de este ácido graso esencial. La presencia de ácido linolénico es mínima, 0,25 g/100 g AG.

Tabla Es-3. Ácidos grasos del aceite de la semilla de espinoso (g AG/100 g AG)

ÁCIDOS GRASOS		Es-L1	Es-L2	X ± D.S.
Palmítico	16:0	10,94	11,30	11,12 ± 0,25
Heptadecanoico	17:0	0,62	0,35	0,49 ± 0,49
Esteárico	18:0	9,59	8,27	8,93 ± 0,93
Eicosanoico	20:0	1,37	1,07	1,22 ± 0,22
Docosanoico	22:0	0,80	0,58	0,69 ± 0,16
Tetracosanoico	22:0	0,66	0,33	0,50 ± 0,23
ÁGS totales		23,98	21,90	22,94 ± 1,47
Palmitoleico	16:1n-7	0,10	0,10	0,10 ± 0,0
Octadecenoico	18:1n-9t	0,10	0,10	0,10 ± 0,0
Oleico	18:1n-9	30,22	31,26	30,74 ± 0,74
Octadecenoico	18:1n-7	1,34	1,27	1,30 ± 0,05
Eicosaenoico	20:1n-9	0,34	0,25	0,30 ± 0,06
AGMI totales		32,10	32,73	32,42 ± 0,44
Octadecadienoico	18:2c,t	0,17	0,17	0,17 ± 0,0
Linoleico	18:2n-6	43,53	44,92	44,22 ± 0,98
Linolénico	18:3n-3	0,22	0,28	0,25 ± 0,04
AGPI totales		43,92	45,37	44,64 ± 1,02
Relaciones				
AGPI:AGMI:AGS				1,9:1,4:1,0
Linoleico:Linolénico				177:1
Oleico:Linoleico				0,7:1,0

Los ácidos grasos monoinsaturados, están presentes en un 32,4 g/100 g AG, de los cuales, aproximadamente el 94%, corresponde a ácido oleico, con 30,74 g/100 g AG. En tercer lugar, están los ácidos grasos saturados, con 23 g/100 g AG de participación en la composición total, contribuyendo el ácido palmítico con 11 g/100 g AG y el ácido esteárico con 8,9 g/100 g AG. En términos generales, es un aceite de composición equilibrada, con muy buena relación AGPI:AGMI:AGS = 1,9:1,4:1,0.

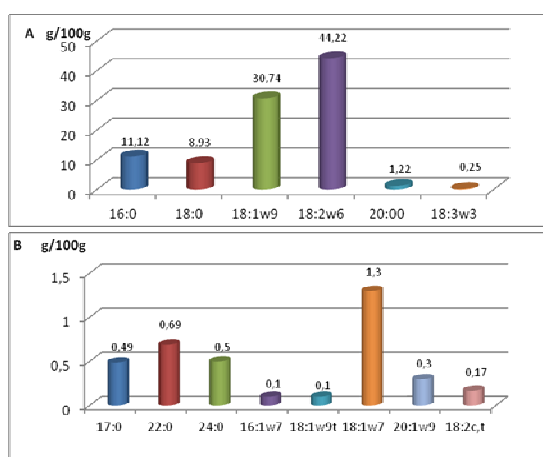


Figura Es-5. Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de espinino

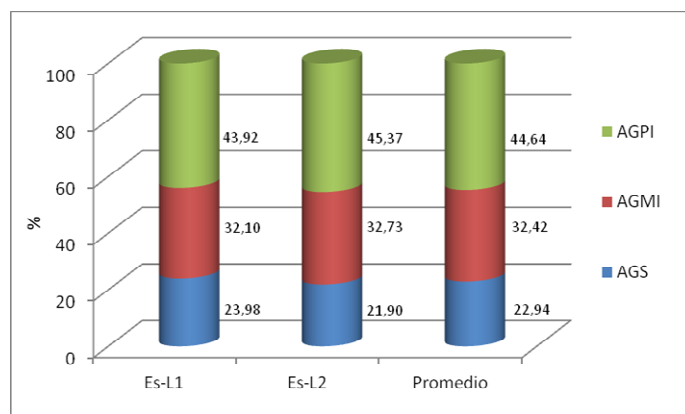


Figura Es-6. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de espinino

Se han comparado, como en ocasiones anteriores, las características del aceite extraído del espinino con los procedentes de otras semillas. Así, se observa una similitud en la composición de ácidos grasos oleico 18:1n-9, linoleico 18:2n-6 y palmítico 16:0 que presentan los aceites de las semillas del género *Hibiscus* (Holser y Bost, 2004) con la diferencia de que éstas tienen un contenido mayor de ácido palmítico. Así, en el espinino los valores medios son de 30,7% para el ácido oleico, 44,2% para el linoleico y 11,1% (sobre el total de AG) para el palmítico, frente a los rangos encontrados en el *Hibiscus* para estos mismos ácidos de: 17,8 a 32,9% para el oleico, 22,3 a 55,1% para el linoleico y 14,8 a 27% para el palmítico. El total de ácidos grasos saturados del *Hibiscus* es muy similar al obtenido en el aceite de semilla de espinino.

Otra semilla que presenta similitud en el contenido de estos dos ácidos grasos mayoritarios en el espinino, es la de zapallo o calabaza (*Cucurbita pepo* y *Cucurbita maxima*) y según Tsaknis *et al.* (1997), los contenidos son de 42,10% para ácido linoleico, 38,10% para ácido oleico y 19,44% para ácido palmítico, en aceite crudo; estos valores se ajustan a los propuestos por Firestone (2006) para calabaza, valores cuyos rangos son 21 – 47% para ácido oleico y 36 – 61% para ácido linoleico. Parry *et al.* (2006) también informan sobre el contenido de ácidos grasos en la semilla de zapallo, indicando valores para ácido oleico de 36,3% y de 47,2% para ácido linoleico (Figura Es-7 y Figura Es-8).

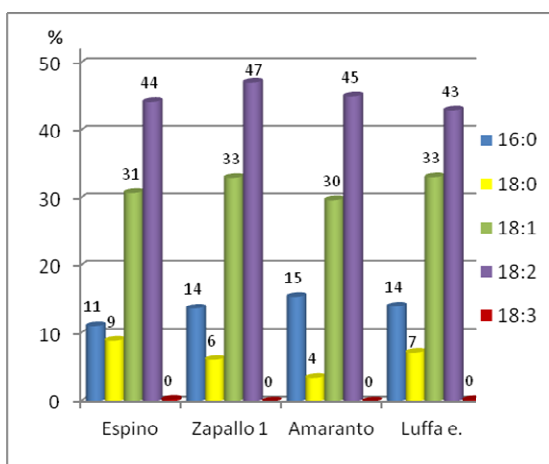


Figura Es-7. Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de espino comparados con otros aceites de composición similar

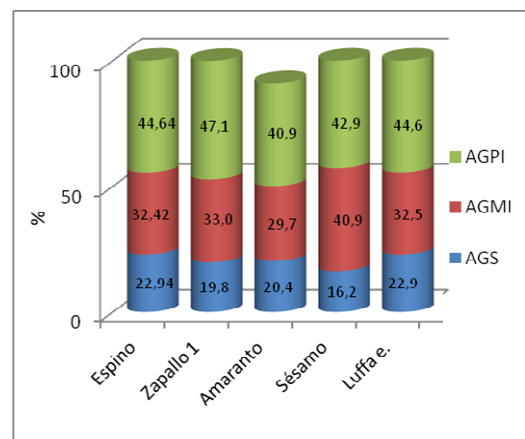


Figura Es-8. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla del espino comparado con otros aceites de composición similar

La composición del aceite de la semilla de sésamo o ajonjolí (*Sesamum indicum*) (Figura Es-8) también se ajusta a los datos obtenidos para el aceite de la semilla de espino; los contenidos de ácido oleico en el aceite de sésamo están entre 33,5 y 44,1% y para ácido linoleico están entre 40,3 y 50,8% (Firestone, 2006).

Por lo tanto, es consecuente afirmar que el aceite contenido en la semillas de espino (*Acacia caven Mol.*) es comparable, en cuanto a su composición en ácidos grasos oleico y linoleico, principalmente, al aceite de las semillas de zapallo o calabaza (*Cucurbita pepo* y *Cucurbita maxima*) y de sésamo o ajonjolí (*Sesamum indicum*).

Cabe resaltar la gran semejanza entre la composición de ácidos grasos del aceite de espino con el aceite de chañar (*Geoffroea decorticans*), este último, es parte de este estudio y también su hábitat es de zonas desérticas, incluso de zonas más áridas que el habitat del espino. Una gran diferencia radica en el contenido de materia grasa, pues en la semilla de chañar el valor medio fue de 47,5%, 10 veces más alto que el de la semilla de espino.

El aceite de otras semillas de especies del género *Acacia* presentan una distribución de ácidos grasos similar a la del espino (*Acacia caven (Mol.)*); entre ellas, se encuentran la *Acacia auriculiformis*, con: 25% de AGS, 25% de AGMI y 44% de AGPI y la *Acacia mellifera*: 30% de AGS, 24,5% de AGMI, 44% de AGPI (Firestone, 2007).

En lo que respecta a los triacilglicerol (Tabla Es-4 y Figura Es-9), la presencia de los principales ácidos grasos mayoritarios, linoleico 18:2 n-6, oleico 18:1 n-9, palmítico 16:0 y esteárico 18.0 en la molécula de glicerol, dan origen al 80% de triacilglicerol mixtos, identificados en base a su número de carbonos e insaturaciones. Del orden del 20% se han agrupado en otros, por la dificultad de su identificación, justamente por la amplia distribución de los ácidos grasos presentes en el aceite de semilla de espino; por esta misma razón, no se evidencia ningún tipo de triacilglicerol que presente un predominio de un determinado ácido graso en su estructura.

Tabla Es-4. Triglicéridos del aceite de la semilla de espino (%)

Triglicéridos	Notación	ECN	Es-L1	Es-L2	X ± D.S.
Trilinoleína	LLL	42	13,01	15,14	14,08 ± 1,5
Oleildinileína	OLL	44	19,21	21,37	20,29 ± 1,5
Palmitoildinileína	PLL	44	9,75	9,34	9,54 ± 0,3
Dioleilileína	OOL	46	12,99	14,43	13,71 ± 1,0
Palmitoleilileína+ Estearildinileína	POL+ SLL	46	15,16	16,64	15,90 ± 1,0
Estearileilileína+ Dioleilpalmitina	SOL+ OOP	46	3,58	3,95	3,8 ± 0,3
Otros			26,3	19,13	22,70± 5,0

ECN = N° Equivalente de Carbonos = CN-2DB

CN = N° total de C de la cadena, 2DB = 2 veces el N° de dobles enlaces

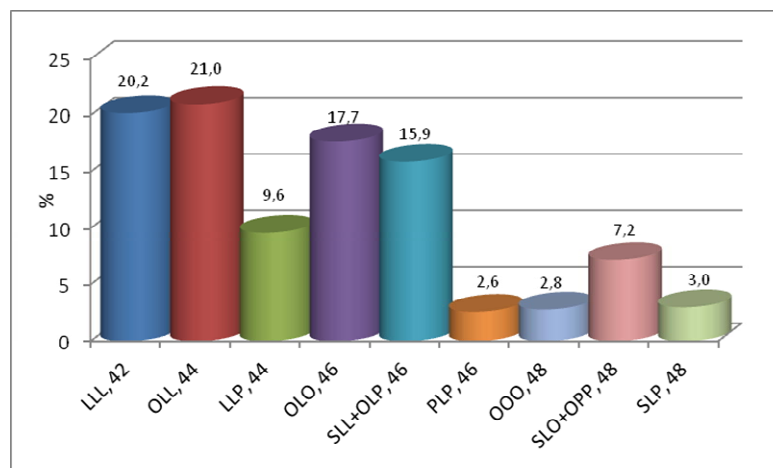


Figura Es-9 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de espino

La literatura no es muy abundante en la información de triglicéridos de materias grasas; en el caso del aceite de semilla de sésamo (Gunstone, 2007), que ya se ha señalado, presenta una composición porcentual en ácidos grasos cercana a la obtenida en este trabajo para el aceite de semilla de espino; se refieren los siguientes triacilglicerol mayoritarios: LLO 25,4%, LLL 19,6% LOO 15,1%, PLL 1,8%, PLO 8,1%, que cubren aproximadamente el 80% de los acilglicerol totales, lo que coincide con los datos de este estudio.

En la Tabla Es-7 y en la Figura Es-10 se presenta el contenido de tocoles del aceite de semilla de espino.

Tabla Espino-5. Tocolos del aceite de la semilla de espino (mg/kg)

TOCOLES	Es-L1	Es-L2	X ± D.S.
α-Tocoferol	138	142	140 ± 3
β-Tocoferol	5	4	5 ± 1
γ-Tocoferol	210	207	209 ± 2
δ-Tocoferol	53	81	67 ± 20
Total	406	434	420 ± 20

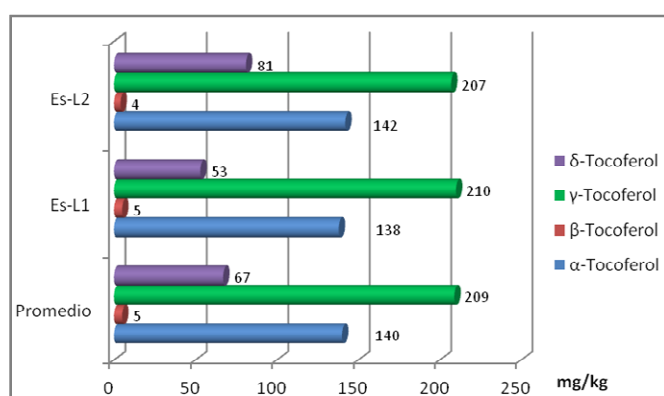


Figura Es-10. Tocolos del aceite de la semilla de espino

El aceite de espino es fuente de γ-tocoferol y α-tocoferol, con un promedio de 209 y 140 mg/kg, respectivamente, lo que se correlaciona con la insaturación de este aceite, del orden de 77%, por la presencia mayoritaria de ácido linoleico y oleico.

Estos dos tocoles representan el 83% del total determinado en este aceite y la cantidad presente de los dos está dentro de los valores que se consideran muy adecuados para que se exprese una buena capacidad protectora del aceite, del orden de 200 mg/kg. Se encontraron cantidades inferiores de β -tocoferol y δ -tocoferol, 5 y 67 mg/kg, respectivamente, equivalentes al 17% del total.

El aporte total de tocoles promedio es de 420 mg/kg. Comparando con el aceite de sésamo, la literatura señala para éste, como tocoles totales, la cifra entre 513 y 547 mg/kg, siendo el γ -tocoferol el más importante con valores entre 490 y 535 mg/kg.

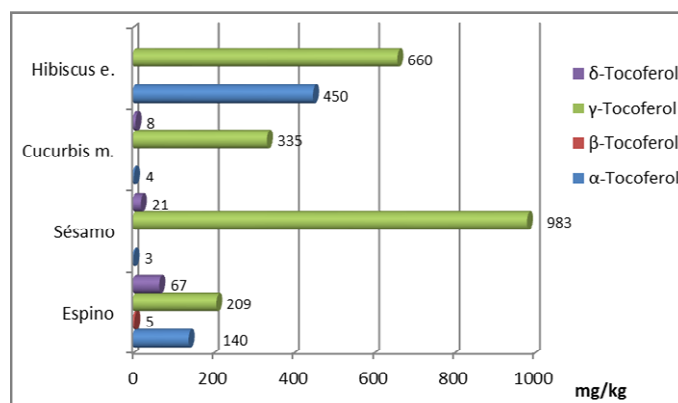


Figura Es-11. Tocolos en los aceites de semilla de espino comparados con otros aceites de composición similar

A diferencia del aceite de semilla de espino el α -tocoferol, está en cantidades muy inferiores entre <0.5 y 16 mg/kg; lo mismo ocurre con los otros tocoles habituales como β -, δ - y α -tocotrienol (Speek *et al.*, 1985).

Según distintos autores (Gunstone, 2007; Firestone, 2006).en el aceite de sésamo los tocoles totales se encuentran entre 400 y 1000 mg/kg, destacando el γ -tocoferol como el más importante. Hemos comparado también nuestro aceite con el de semilla de híbridos de *Hibiscus* que superan el contenido de tocoles del aceite de semilla de espino y de *Cucurbita maxima* que están más cercanos, pero con distribución diferente.

La Tabla Es-6 y la Figura Es-12 contienen la información de los esteroides presentes en este aceite.

Tabla Es-6. Fitoesteroides del aceite de la semilla del espino (mg/kg)

FITOESTEROLES	Es-L1	Es-L2	X ± D.S.
Colesterol	221	233	227 ± 8
Campesterol	726	630	678 ± 68
Estigmasterol	2125	1598	1862 ± 373
β-Sitosterol	3559	2416	2988 ± 808
Total	6631	4877	5754 ± 1240

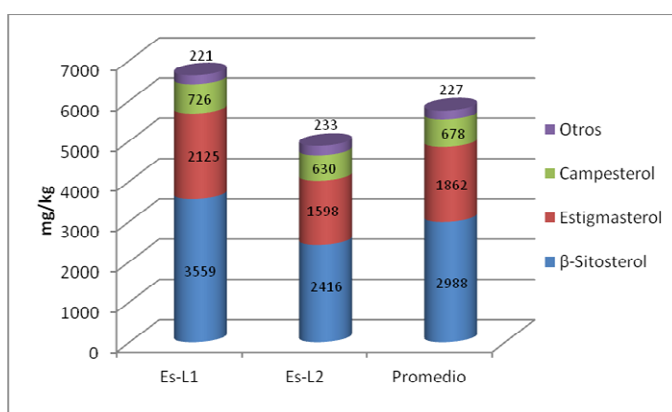


Figura Es-12. Fitoesteroides del aceite de la semilla del espino

Se detectó colesterol en baja cantidad, del orden de 200 mg/kg. La detección de colesterol en la materia insaponificable de aceites vegetales, junto con los fitosteroides es normal.

El promedio de fitoesteroides totales alcanza a la cifra de 5754 mg/kg. Dentro de los fitoesteroides, como es habitual en los aceites vegetales, el predominante es el β-Sitosterol, que representa aproximadamente el 52% del total de fitosteroides determinados en el aceite de semilla de espino, con un promedio del orden de 3000 mg/kg.

En segundo lugar está el estigmasterol, con una participación aproximada de 32% sobre el total con 1862 mg/kg; le sigue el campesterol con un promedio de cerca de 700 mg/kg. Se detectaron en cantidades muy inferiores a los otros fitosteroides habitualmente presente en el insaponificable de los aceites de semilla.

Comparar los contenidos de fitoesteroles con los de otros aceites de diferentes semillas es más complejo (Figura Es-13), por la gran diversidad en las proporciones en que se encuentran.

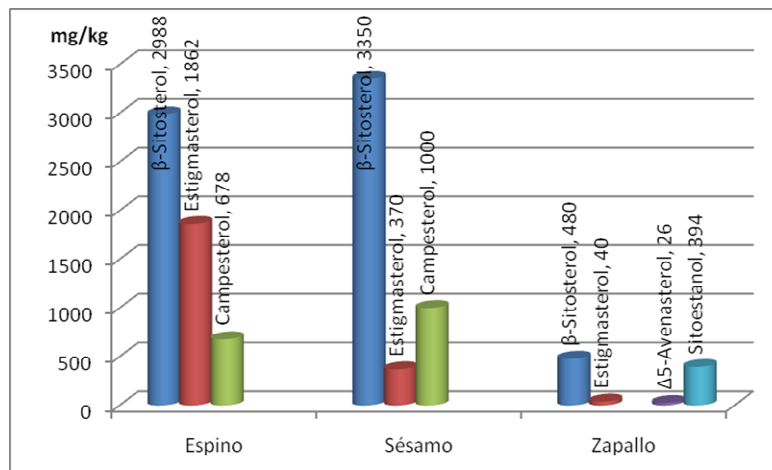


Figura Es-13. Fitoesteroles del aceite de la semilla de espinó comparados con otros aceites de composición similar

Se ha comparado igualmente con el contenido de fitoesteroles de aceite de semilla de sésamo y de zapallo (Firestone, 2006). En este caso, el contenido total de fitosteroles de la semilla de espinó es algo superior al de la semilla de sésamo y muy superior al de la semilla de zapallo.

4.5.3. Conclusiones respecto a la semilla de espinó y su aceite

- En la semilla de espinó el componente mayoritario es la fibra con 59%; le siguen proteínas con 20%, hidratos de carbono con 10% y su contenido de grasa es minoritario, con sólo un 4,5%.
- El aceite de la semilla de espinó se caracteriza por tener una composición en ácidos grasos bastante equilibrada.
 - Es una buena fuente de ácido linoleico, que es esencial, y de ácido oleico que están en una relación muy cercana a 1.
 - Tiene un contenido de γ -tocoferol superior al de α -tocoferol.
 - Destaca por su alto contenido de fitoesteroles, compuestos bioactivos, en un contenido cercano a 6000 mg/kg.

- La semilla de espinillo, por su bajo contenido de aceite, no se perfila como una nueva fuente potencial del mismo, a pesar de su alto contenido de fitosteroles, pero sí podría utilizarse molida, pues es muy dura, como ingrediente en productos de panadería o bollería. Hay antecedentes en la literatura del empleo de las semillas molidas y pulverizadas, que presentan propiedades digestivas y estimulantes, que habrá que comprobar en otro tipo de estudio.

4.5.4. Bibliografía sobre la semilla de espinillo y su aceite

- Boelcke, O. 1989. Plantas vasculares de la Argentina – Buenos Aires. Ed. H. Sur, 2da. Reimpresión, 157 - 369 p.
- Firestone, D. (Editor). 2006. Physical and chemical characteristics of oils, fats and waxes. AOCS Press. 2nd Edition USA.
- Gunstone, F., Harwood, J. and Dijkstra, A. 2007. The Lipids Handbook. Third edition, CRC Press Taylor & Francis Group, USA. page 67.
- Holser, R. y Bost, G. 2004. Hybrid *Hibiscus* Seed Oil Compositions. J. Am. Oil Chem. Soc. 81: 795 – 797.
- Masson, L. y Mella, M. 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.
- Muñoz, M., Barrera. E., y Meza, I. 1981. El uso medicinal y alimenticio de plantas nativas y naturalizadas en Chile. Publicación ocasional N° 33. Museo nacional de Historia Natural. 91 p.
- Parry, J., Hao, Z., Luther, M., Su, L., Zhou, K. y Yu, L. 2006. Characterization of cold-pressed Onion, Parsley, Cardamom, Mullein, Roasted Pumpkin and Milk Thistle Seed Oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 83: 847 – 854.
- Rodríguez, R., Matthei, O., Quezada, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción – Chile. 408 p.
- Speek, A.J., Schrijver, J., and Schreurs, W. 1985. Vitamin E Composition of Some Seed Oils as Determined by High-Performance Liquid Chromatography with Fluorometric Detection. J. Food Science 50:121- 124.
- Tsaknis, J., Lalas, S., y Lazos, S. 1997. Characterization of crude and purified pumpkin seed oil. Grasas y Aceites 48: 267 – 272.

4.6. Rosa Mosqueta (*Rosa aff. rubiginosa*)

La rosa mosqueta pertenece a la familia *Rosaceae*. Los nombres vernáculos son: rosa mosqueta, rosa del campo, rosa silvestre.

4.6.1. Aspectos generales de la rosa mosqueta

Descripción

La rosa mosqueta es una planta perteneciente a la familia de las Rosáceas, que en Chile se ha clasificado como un frutal menor. Es originaria de Europa central, Polonia, Hungría, Rusia y el Cáucaso. Es una especie introducida en Chile y actualmente cubre de forma natural una amplia zona del país, especialmente en suelos de secano y de baja calidad agrícola, donde se describe la presencia de tres especies: *Rosa eglanteria* o *Rosa rubiginosa*, *Rosa moschata* y *Rosa canina* (Sudzuki, 1986; Joublan *et al.*, 2000). Se encuentra también en Argentina, provincia de Neuquén (Bran *et al.*, 2004).

La Figura Mo-1, muestra la flor de la rosa mosqueta. Los frutos recolectados para la exportación provienen de las especies *Rosa rubiginosa* y *Rosa moschata*, exhibiendo morfología subglobosa a ovoide, color del rojo al anaranjado y pesos máximos de 1,5 a 2,5 gramos según la especie (Joublan *et al.*, 1997).



<http://www.blogys.net/tags/rosamosqueta>

Figura Mo-1. Flor de la Rosa mosqueta

Israel y Benado (1977), señalaron como productos del cinorrodon o fruto de la rosa mosqueta a la cascarilla (receptáculo maduro, deshidratado, desmenuzado y sin semillas); el concho (subproducto de la deshidratación del fruto, cascarilla muy molida, con restos de semillas y pistilos secos); pelos (pistilos secos), semillas y el aceite.

Actualmente se comercializa la cascarilla, el concho y las semillas que son la materia prima para la obtención del aceite (Rodríguez *et al.*, 1987, Joublan *et al.*, 2000).

Distribución geográfica

La rosa mosqueta (*Rosa aff. rubiginosa*) como ya se señaló, es originaria de Europa. En Chile es muy abundante y crece preferentemente en los terrenos degradados y bordes de caminos y esteros, entre la Región Metropolitana paralelo 33° 55' latitud sur y la de Los Lagos 40° 34 latitud sur (Región de la Araucanía paralelo 49° 16' latitud sur) (Muñoz *et al.*, 1981). La mayor densidad de cultivo se encuentra en las Regiones del Maule y del Bío Bío, desde Parral a Mulchén, latitud 36° 08' y 37° 42' sur, entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera de Los Andes (Sudzuki, 1986).

Usos

En Chile, la comercialización de productos de rosa mosqueta se basa en el aceite, de amplio uso cosmético y farmacéutico, además de productos sucedáneos del té obtenidos con el “corte fino de cascarilla” (Joublan *et al.*, 2000).

Los productos ofrecidos al mercado externo son: la cascarilla de mosqueta, el fruto deshidratado y el aceite. Sin embargo, el volumen exportado más importante es el de cascarilla, destinado principalmente a los mercados de Alemania, Suecia y Estados Unidos (Joublan *et al.*, 2000).



Figura Mo-2. Frutos de rosa mosqueta

Con los frutos (Figura Mo-2), se hacen dulces y mermeladas. Se exporta por su alto contenido en vitamina C (Muñoz *et al.*, 1981).

4.6.2. Estudio analítico de la semilla de rosa mosqueta y su aceite

Material de análisis

Se obtuvieron tres lotes de semillas de rosa mosqueta. Cada lote estuvo constituido por 2 kg que fueron recolectados por los mismos productores en predios de las regiones de El Maule, Araucanía, Los Lagos 35° 25', 38° 43', 40° 34 latitud sur, respectivamente, Chile. Los lotes se designaron Mo-L1, Mo-L2 y Mo-L3 y la fecha de muestreo fue abril de 2002.

Obtención de las semillas

Las semillas fueron donadas por la Empresa Novbeltec Ltda. de Chile que produce y exporta aceite de semilla de rosa mosqueta.

Estabilización

Las semillas se recibieron estabilizadas en cuanto a contenido de humedad que, no obstante, se determinó de acuerdo al método descrito en 3.2.1.1.

Almacenamiento

Las semillas de cada lote se guardaron en frascos de vidrios herméticos con tapa de rosca debidamente rotulados manteniéndose a 4°C hasta su análisis.

Caracterización de la semilla

De cada lote se tomaron al azar 30 semillas, $n = 90$, para determinar peso, largo y ancho y calcular el valor promedio \pm DS para cada atributo medido. Paralelamente, se obtuvieron frutos desecados de la misma zona para caracterizarlos en sus dimensiones y semillas promedio por fruto.

Muestra de análisis

Estuvo constituida por el homogeneizado obtenido en un molinillo de laboratorio Krupp de aproximadamente 200 g de semillas obtenidas al azar de cada lote.

Resultados y discusión de las características de la semilla de rosa mosqueta y su aceite

La caracterización del fruto y de la semilla de rosa mosqueta, su composición centesimal y las características químicas del aceite extraído, correspondientes a los tres lotes analizados Mo-L1, Mo-L2 y Mo-L3, con su respectivo valor promedio \pm DS, se presentan en las Tablas y Figuras siguientes:

Tablas:

- Tabla Mo-1 Caracterización del fruto y de la semilla de rosa mosqueta.
- Tabla Mo-2 Composición cetesimal de la semilla de rosa mosqueta (g/100 g).
- Tabla Mo-3 Ácidos grasos del aceite de la semilla de rosa mosqueta (g AG/100 g AG).
- Tabla Mo-4 Triglicéridos del aceite de la semilla de rosa mosqueta (%).
- Tabla Mo-5 Tocolos del aceite de la semilla de rosa mosqueta (mg/kg).
- Tabla Mo-6 Fitoesteroides del aceite de la semilla de rosa mosqueta (mg/kg).

Figuras:

- Figura Mo-3 Imágenes de las semillas de rosa mosqueta
- Figura Mo-4 Composición centesimal de la semilla de rosa mosqueta y su distribución porcentual.
- Figura Mo-5 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de rosa mosqueta.
- Figura Mo-6 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de rosa mosqueta.
- Figura Mo-7 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de rosa mosqueta comparada con la de otros aceites de composición similar.

- Figura Mo-8 Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de rosa mosqueta comparados con los de otros aceites de composición similar.
- Figura Mo-9 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de rosa mosqueta.
- Figura Mo-10 Tocolos del aceite de la semilla de rosa mosqueta.
- Figura Mo-11 Tocolos del aceite de la semilla de rosa mosqueta comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Mo-12 Fitoesteroles del aceite de la semilla de rosa mosqueta.
- Figura Mo-13 Fitoesteroles del aceite de la semilla de rosa mosqueta comparados con otros aceites de composición similar.

Las semillas de rosa mosqueta son muy pequeñas y de color amarillo-rosa (Figura Mo-3).

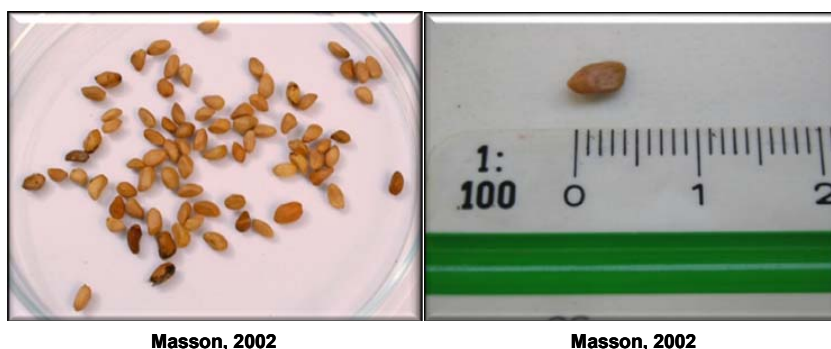


Figura Mo-3. Imágenes de las semillas de la rosa mosqueta

Tabla Mo-1. Caracterización del fruto y de la semilla de la rosa mosqueta

	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	PESO (mg)	Nº SEMILLAS/FRUTO
Fruto (n = 30)	21 ± 1	13 ± 1	1200 ± 200	31 ± 9
Semillas (n = 90)	5 ± 1	3 ± 1	17 ± 4	

Se trata de semillas 5 mm de largo, 3 mm de ancho, con un peso promedio 17 mg y el número medio de semillas por fruto fue de 31 (Tabla Mo-1).

En la Tabla Mo-2 y en la Figura Mo-4 se recoge la composición centesimal de esta semilla, en la que podemos ver una humedad del orden del 6 - 8%.

Tabla Mo-2. Composición centesimal de la semilla de rosa mosqueta (g/100 g)

	Humedad	Proteínas (Nx6,25)	Grasa	Hidratos de carbano*	Fibra	Contenido mineral
Mo-L1	6,6	6,9	8,5	8,0	68,4	1,5
Mo-L2	6,2	6,9	7,3	7,0	70,7	1,8
Mo-L3	7,7	7,1	7,3	5,0	71,7	1,6
X ± D.S.	6,8 ± 0,8	6,9 ± 0,1	7,7 ± 0,7	6,7 ± 1,5	70,3 ± 1,7	1,6 ± 0,15

*Hidratos Carbono = g/100 g glucosa

Como componente principal destaca la fibra, con un promedio de 70,3%, debido a la presencia de lignina y otros polisacáridos que integran las paredes celulares (Dourado *et al.*, 2000). Su contenido de aceite es bajo, dando un valor medio de 7,7 g/100g, sin embargo, es un aceite altamente cotizado. Este valor es comparable al 8% obtenido por Malec *et al.* (1993) para el mismo tipo de semilla. El contenido de proteína y de hidratos de carbono son del mismo orden, 6,9 y 6,7 g/100g, respectivamente. El contenido mineral promedio es de 1,6 g/100 g.

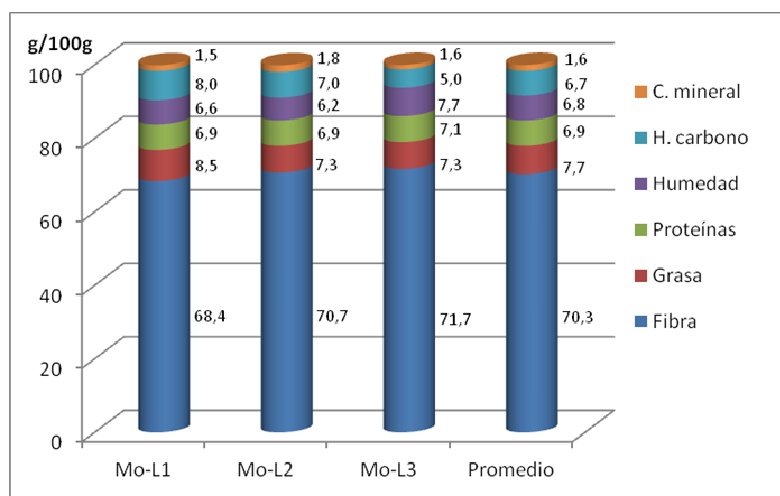


Figura Mo-4. Composición centesimal de la semilla de rosa mosqueta y su distribución porcentual

La composición en ácidos grasos del aceite obtenido de esta semilla y su distribución por grupos (g/100 g AG) se indica en la Tabla Mo-3. En la Figura Mo-5 se presentan los ácidos grasos mayoritarios A y los minoritarios B que componen este aceite y en la Figura Mo-6, la distribución porcentual de los tres grupos de AG.

Tabla Mo-3. Ácidos grasos del aceite de semilla de rosa mosqueta (g /100 g AG)

ÁCIDOS GRASOS		Mo-L1	Mo-L2	Mo-L3	X ± D.S.
Mirístico	14:0	0,04	0,04	0,08	0,05 ± 0,02
Pentadecanoico	15:0	0,03	0,03	0,03	0,03 ± 0,00
Palmítico	16:0	3,20	3,21	3,07	3,16 ± 0,08
Heptadecanoico	17:0	0,08	0,07	0,06	0,07 ± 0,01
Estearico	18:0	2,16	2,12	1,71	2,00 ± 0,25
Ecosanoico	20:0	0,73	0,72	0,72	0,72 ± 0,01
Docosanoico	22:0	0,19	0,19	0,24	0,21 ± 0,03
Tetracosanoico	24:0	0,08	0,08	0,09	0,08 ± 0,01
AGS totales		6,51	6,46	6,00	6,32 ± 0,28
Palmitoleico	16:1n7	0,09	0,10	0,13	0,11 ± 0,02
Heptadecaenoico	17:1n11	0,06	0,06	0,06	0,06 ± 0,00
Octadecenoico	18:1	0,27	0,23	0,23	0,24 ± 0,02
Octadecenoico	18:1n9t	0,78	0,6	0,74	0,71 ± 0,09
Oleico	18:1n9c	14,54	14,29	14,12	14,32 ± 0,21
Octadecenoico	18:1n7	0,4	0,38	0,63	0,47 ± 0,14
Eicosenoico	20:1n9	0,52	0,51	0,63	0,55 ± 0,07
AGMI totales		16,66	16,17	16,54	16,46 ± 0,25
Octadecadienoico	18:2c,t	0,25	0,21	0,11	0,19 ± 0,07
Octadecadienoico	18:2c,t	0,28	0,26	0,24	0,26 ± 0,02
Octadecadienoico	18:2c,t	0,10	0,09	0,14	0,11 ± 0,03
Linoleico	18:2n6	44,26	44,5	44,73	44,50 ± 0,24
Octadecatrienoico	18:3 is	0,21	0,21	0,24	0,22 ± 0,02
Octadecatrienoico	18:3 is	0,14	0,13	0,14	0,14 ± 0,01
Linolénico	18:3n3	31,3	31,65	32,25	31,73 ± 0,48
AGPI totales		76,54	77,05	77,85	77,15 ± 0,67
Relaciones					
AGPI:AGMI:AGS					12:3:1
Linoleico:Linolénico					1,4:1
Oleico:Linoleico					0,3:1,0

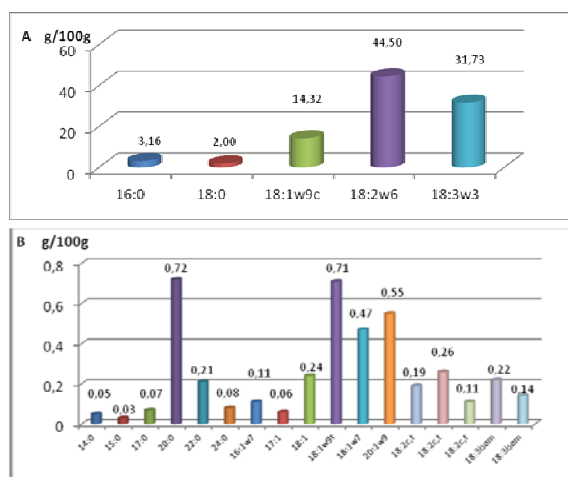


Figura Mo-5. Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de semilla de rosa mosqueta

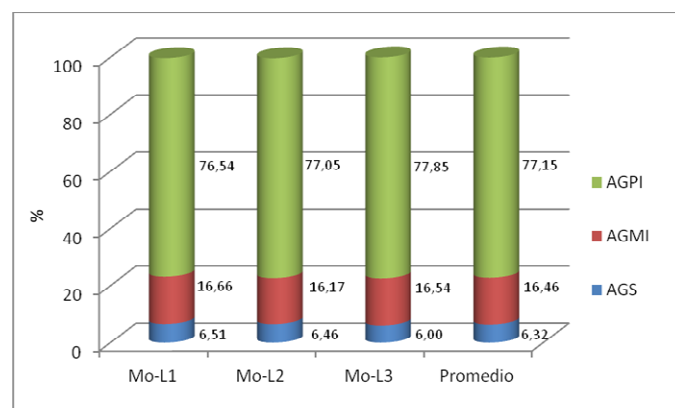


Figura Mo-6. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de rosa mosqueta

En la Tabla Mo-3 y en estas figuras se observa la distribución de los ácidos grasos de este aceite y su elevada proporción de AGPI, especialmente ácido linoleico y α -linolénico. De los valores obtenidos, se aprecia que el aceite de rosa mosqueta es bajo en AGS, promedio $6,32 \pm 0,28$, siendo el ácido palmítico y el esteárico los dos más importantes; la suma de ambos representa el 82% de los AGS totales.

El grupo de los AGMI corresponde al 16,46%; en este grupo el ácido oleico es el mayoritario con 14,32 % que representa el 87% de estos ácidos grasos. Lo que caracteriza al aceite de rosa mosqueta es evidentemente su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, del orden de 77% del total de ácidos grasos, siendo mayoritarios el ácido linoleico y el ácido α -linolénico $44,50\% \pm 0,24$ y $31,73\% \pm 0,48$, respectivamente, que representa una relación ácido linoleico/ácido α -linolénico de 1,4:1. Esta relación tan alta entre estos dos ácidos grasos esenciales lo destaca frente a otros aceites de alta poliinsaturación.

Esta composición en ácidos grasos coincide con los datos publicados por Masson y Mella (1985) que encontraron para el ácido linoleico y el ácido α -linolénico los valores de 43,2 y 34,4%, respectivamente.

A continuación se presenta la Figura Mo-7 con el perfil porcentual de los tres grupos de ácidos grasos que componen este aceite y la Figura Mo-8 con sus

ácidos grasos mayoritarios y que se han comparado con otros aceites de composición similar.

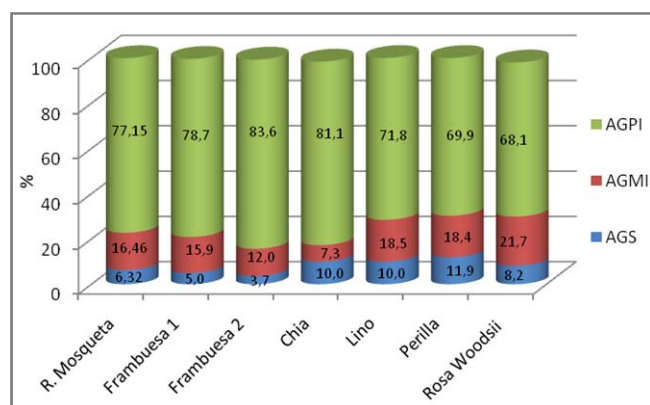


Figura Mo-7. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de la rosa mosqueta comparada con la de otros aceites de composición similar

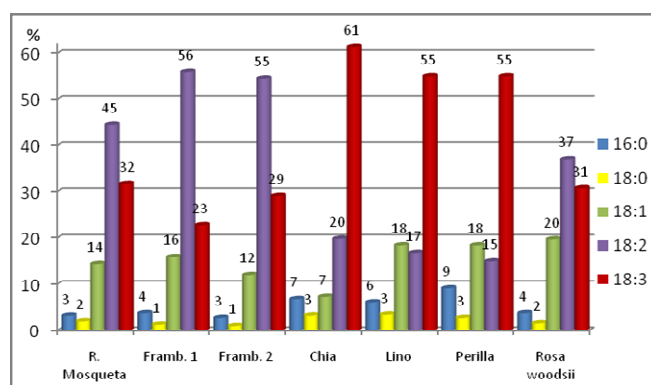


Figura Mo-8. Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de rosa mosqueta comparados con los de otros aceites de composición similar

Su perfil de AGS 6,32 %, AGMI 16,46 % y AGPI 77,15 %, es comparable al que presenta el aceite de la semilla de frambuesa (*Rubus sp.*): 5,0% AGS, 15,9% AGMI y 78,7% AGPI, representado por 55,9 % de ácido linoleico y 22,8 % de ácido α -linolénico (Masson y Mella, 1985). También es comparable a la composición del aceite extraído de las semillas de cáñamo (*Cannabis sativa*), planta herbácea que ha crecido agrícolamente por muchos años como fuente de fibra y aceite. Anwar *et al.* (2006) presentan para este aceite un perfil de ácidos grasos con la siguiente composición: 9,14% AGS, 12,43% AGMI, 78,47% AGPI, de los cuales 58,5 % corresponde a ácido linoleico y el 18,5 % a ácido α -linolénico (relación 3:1). Este autor señala la presencia de 1,17% de ácido γ -linolénico. Estos datos de composición del aceite de cáñamo concuerdan con los señalados por Firestone (2006).

En el aceite de la semilla de rosa mosqueta, se detectó un pequeño porcentaje de ácido γ linolénico 0,14%. Se puede comparar también este aceite de composición tan especial con el de las semillas de woods'rose (*Rosa woodsii* Lindl.) otro miembro de la familia *Rosaceae* que se ha usado como alimento por tribus aborígenes de Norteamérica. La semilla contiene 3,7% de materia grasa y la composición en AGS es de 8,20%, siendo los principales el ácido palmítico con 3,70 % y el ácido esteárico con 1,59%; los AGMI representan el 21,73 %, siendo el principal el ácido oleico con 19,70 %; los AGPI son los mayoritarios, con 68,10 % donde el ácido linoleico está presente

en un 37,1 % y el ácido α -linolénico en un 30,75 %, la relación ácido linoleico: ácido α -linolénico es 1,2:1,0 (Anwar *et al.*, 2008).

Otros aceites de semillas con alto contenido de ácido α -linolénico son el de chía (*Salvia hispanica*) (Masson, 2008) y el de perilla (*Perilla frutescens*) (Firestone, 2006). El aceite de la semilla de la chía se caracteriza por tener un alto porcentaje de AGPI, 81,1% representado por el ácido linoleico con un 20% y el ácido α -linolénico con un 61%, relación entre ambos 0,3:1,0. En el caso del aceite de perilla, los AGPI representan el 69,9 % teniendo el ácido linoleico un 15 % y el α -linolénico un 55 %, con una relación entre ellos de 0,3:1,0. En estos dos últimos aceites, el contenido en ácido α -linolénico es mucho más alto que el encontrado en el aceite de la semilla de rosa mosqueta y supera al ácido linoleico, por este motivo la relación entre estos dos ácidos grasos es diferente.

La gran aplicación que tiene el aceite de la semilla de rosa mosqueta en cosmética se debe a gran facilidad de penetrar en la piel (Rausch, 1995) y su gran aporte de los dos ácidos grasos esenciales, casi en iguales proporciones. Los aceites con alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados tienen, además, otras aplicaciones industriales, entre las que se encuentran, combustible para iluminación, tintas para impresoras, conservantes de maderas, detergentes, jabón, como es el caso del aceite de linaza (Deferne *et al.*, 1996, Oomah *et al.*, 2002).

Es evidente, a través de los resultados que se incluyen en la Tabla Mo-4 y en la Figura Mo-6, que los triglicéridos presentes mayoritariamente, corresponden a los que están formados por ácido α -linolénico y ácido linoleico, lo que está directamente relacionado con el porcentaje de estos ácidos grasos en el aceite (Tabla Mo-3). A modo de ejemplo, los triglicéridos en cuya estructura se encuentra el ácido α -linolénico suman 65,7%.

Tabla Mo-4. Triglicéridos del aceite de la semilla de la rosa mosqueta (%)

TRIGLICERIDOS	Notación	ECN	Mo-L1	Mo-L2	Mo-L3	X ± D.S.
Trilinolenina	LnLnLn	36	8,7	9,1	9,0	8,9 ± 0,2
Dililenillinoeína	LnLLn	38	22,2	19,6	20,3	20,7 ± 1,3
Dilinoleillinolenina+ Dilineniloleína	LLLn+ LnOLn	40	20,6	22,3	21,9	21,6 ± 0,9
Dilinoleilpalmitina	LnLnP	40	2,5	1,7	1,9	2,0 ± 0,4
Trilinoeína	LLL	42	13,0	14,1	13,8	13,6 ± 0,6
Oleillinoeína	OLLn	42	8,3	10,2	9,7	9,4 ± 1,0
Linoleniloleilpalmitina+ Dilineninestearina	LnLP+ SLnLn	42	2,72	3,10	3,01	2,9 ± 0,2
Oleildilinoeína+ Dioeillinolenina	OLL+ OLnO	44	10,5	9,8	9,9	10,1 ± 0,4
Dilinoleilpalmitina+ Estearilinoeína	LLP+ SLLn	44	1,5	1,4	1,5	1,5 ± 0,1
Dioeilinoeína	OLO	46	4,3	4,1	4,1	4,2 ± 0,1
Palmitoleilinoeína + Estearildilinoeína	SLL+ POL	46	4,2	3,7	3,8	3,9 ± 0,3
Trioeína+ Estearilinoeína	OOO+ SLO	48	1,5	0,9	1,1	1,2 ± 0,3

ECN = N° Equivalente de Carbono = CN-2DB

CN = N° total de C de la cadena, 2DB = 2 veces el N° de dobles enlaces

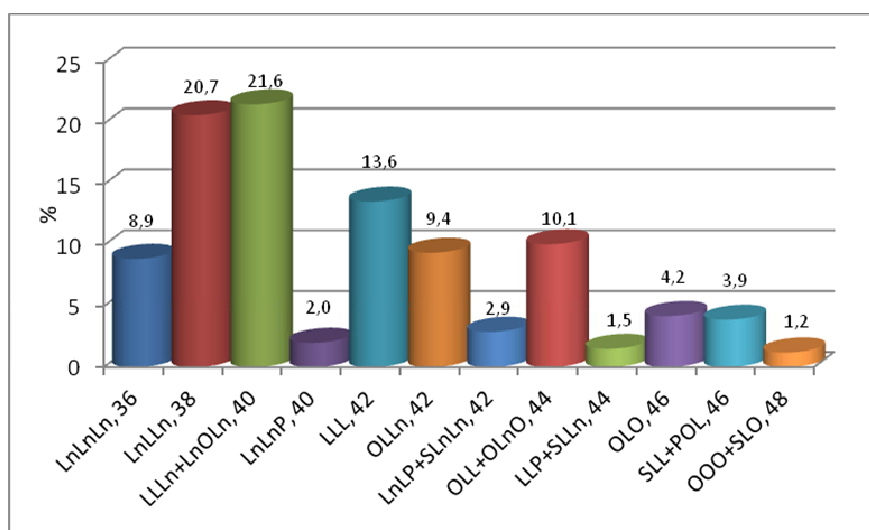


Figura Mo-9. Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de rosa mosqueta

La Tabla Mo-5, presenta los tocoles del aceite de la semilla de la rosa mosqueta y la Figura Mo-10, su representación gráfica.

Tabla Mo-5. Tocolos del aceite de la semilla de la rosa mosqueta (mg/kg)

TOCOLES	MO-L1	MO-L2	MO-L3	X \pm D.S.
α -Tocoferol	311	277	268	285 \pm 23
γ -Tocoferol	1078	1143	1180	1134 \pm 52
δ -Tocoferol	45	39	39	41 \pm 3
Total	1434	1459	1487	1460 \pm 26

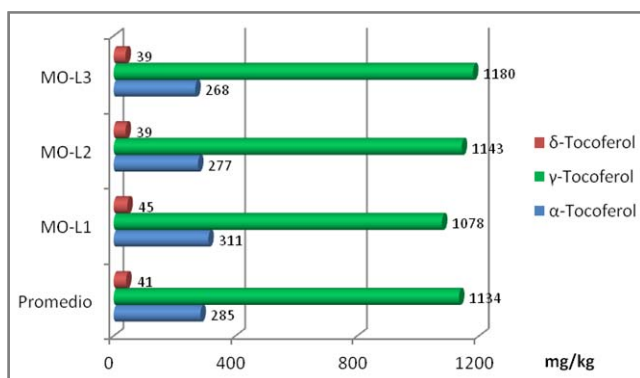


Figura Mo-10. Tocolos del aceite de la semilla de rosa mosqueta

De acuerdo a estos datos, se aprecia el predominio del γ -Tocoferol, con 1134 \pm 52 mg/kg, que representa el 78% del porcentaje total de los tocoles; le sigue el α -Tocoferol con 285 \pm 23 mg/kg, como el segundo más importante y el δ -Tocoferol es el minoritario con 41 \pm 3 mg/kg.

El alto contenido de γ -Tocoferol se relaciona con la alta poliinsaturación de este aceite, presentando una protección natural a los procesos oxidativos. Además, el aceite crudo de semilla de rosa mosqueta contiene pigmentos carotenoides que también le protegen adicionalmente de los procesos oxidativos. Se desprende de estos datos que este aceite contiene por naturaleza efectivos antioxidantes naturales, que le brindan una protección en su estabilidad oxidativa (Robert *et al.*, 2003; Robert *et al.*, 2006).

De la misma forma que se ha comparado antes el aceite de nuestra semilla con los procedentes de otras similares, lo hacemos para el contenido de tocoles (Figura Mo-11) en relación a los aceites de semilla de perilla, de woods'rose y de frambuesa (Firestone, 2006, Anwar *et al.*, 2008).

Comparativamente, el aceite de la semilla de la perilla, también poliinsaturado con un alto contenido de ácido α -linolénico (55%) (Figura Mo-8), tiene un total de tocoles de 632 mg/kg, representados por α - tocoferol 57mg/kg, β tocoferol 37, γ - tocopherol, 538 y δ - tocoferol, 40 mg/kg (Figura Mo-11), valor bastante inferior al obtenido en este trabajo para el aceite de la semilla de la rosa mosqueta, que presentó en promedio un total de 1460 mg/kg.

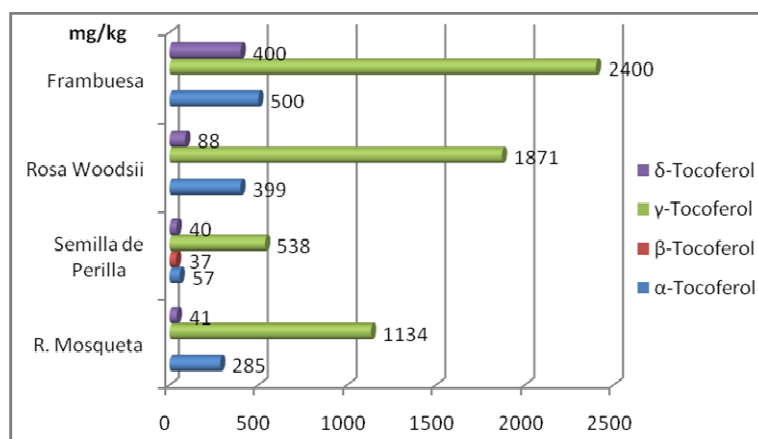


Figura Mo-11. Fitoesteroles del aceite de la semilla de rosa mosqueta comparados con otros aceites de composición similar

El aceite de la semilla de Woods´rose (*Rosa woodsii* Lindl.), que crece en las praderas de Canadá y que presenta poliinsaturación n-6 y n-3 cercana al de la semilla de rosa mosqueta (Figura Mo-8), contiene más tocoles, con un total de 2358 mg/kg repartido entre α -tocoferol 399 mg/kg, γ -tocoferol 1871 mg/kg y δ - 88 mg/kg. El aceite de la semilla de frambuesa (*Rubus* sp.) que también es altamente poliinsaturado con mayor contenido de n-6 que de n-3 (Figura Mo-8), también tiene un alto contenido de tocoles, con: α -tocoferol 500 mg/kg, γ - tocopherol 2400 mg/kg y δ -tocoferol 400 mg/kg, total 3300 mg/kg, siendo este aceite el de mayor aporte en estos componentes antioxidantes naturales bioactivos. En todos estos aceites vegetales, altamente poliinsaturados, coincide que el tocoferol mayoritario es γ -tocoferol, considerado un potente antioxidante en el reino vegetal.

La Tabla Mo-6 y la Figura Mo-12 presentan la composición en fitoesteroles del aceite de la semilla de rosa mosqueta. En la Figura Mo-13 se incluye la comparación de los fitoesteroles presentes en los aceites de las semillas de rosa mosqueta, de linaza y de woods´rose (Firestone, 2006, Anwar *et al.*, 2008).

Tabla Mo-6. Fitoesteroides del aceite de la semilla de la rosa mosqueta (mg/kg)

FITOESTEROLES	Mo-L1	Mo-L2	Mo-L3	X ± D.S.
Colesterol	23	25	34	27 ± 6
Campesterol	129	88	93	103 ± 22
Estigmasterol	49	50	46	48 ± 2
β-Sitosterol	2442	2218	2670	2443 ± 226
Δ5-Avenasterol	273	244	152	224 ± 63
Δ7 Estigmastenol	259	244	199	234 ± 31
Total	3175	2869	3194	3079 ± 162

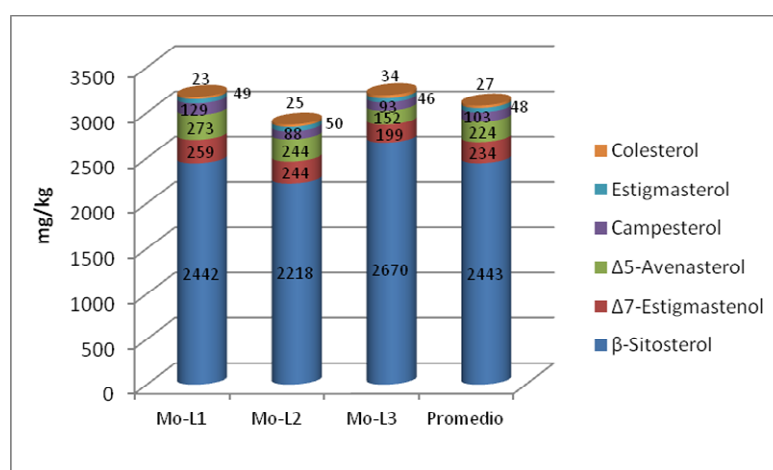


Figura Mo-12. Fitoesteroides del aceite de la semilla de rosa mosqueta

Se encontraron los fitoesteroides característicos (Tabla Mo-6) presentes en los aceites vegetales con un total de 3079 mg/kg ± 162 y se detectó colesterol en baja cantidad. El β-Sitosterol es el fitoesterol mayoritario con 2443 ± 226 mg/kg representando el 79% de los fitosteroides totales. Se observa que este fitoesterol supera casi en 10 veces al Δ5-Avenasterol y al Δ7 Estigmastenol que están presentes en 224 ± 63 y 234 ± 31 mg/kg respectivamente.

De la Figura Mo-13 se desprende que estos aceites altamente poliinsaturados, como son los aceites de las semillas de rosa mosqueta, de linaza (lino) y de

woods'rose van acompañados de altos contenidos de fitoesteroles importantes componentes bioactivos.

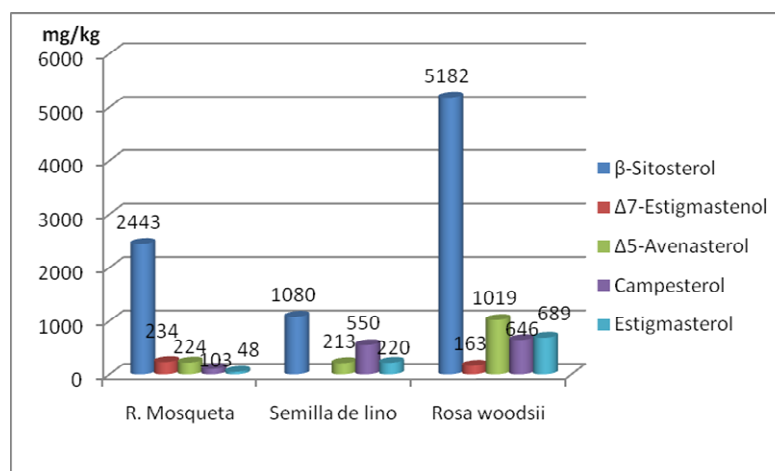


Figura Mo-13. Fitoesteroles del aceite de la semilla de rosa mosqueta comparados con otros aceites de composición similar

El aceite de la semilla de rosa mosqueta presentó un valor promedio total de 3079 mg/kg; el aceite de semilla de linaza presentó campesterol con 550 mg/kg, estigmaesterol con 220 mg/kg, β-sitoesterol con 1080 mg/kg, sitoestanol con 24 mg/kg, brassicaesterol con 49 mg/kg y Δ5-avenaesterol con 213 mg/kg, en un total de 2136 mg/kg, inferior al valor promedio total del aceite de la semilla de rosa mosqueta. En cambio el aceite de la semilla de woods'rose presentó los valores más altos con un total de 8603 mg/kg distribuidos entre campesterol con 646 mg/kg, estigmaesterol con 689 mg/kg, β-sitoesterol con 5182, Δ5-avenaesterol con 1019 mg/kg, Δ7-estigmastenol con 163 mg/kg y otros con 904 mg/kg.

4.6.3. Conclusiones respecto a la semilla de rosa mosqueta y su aceite

- El componente principal de la semilla de rosa mosqueta es la fibra, con un 70%; los otros macronutrientes están presentes en porcentajes del orden del 7% incluida la grasa con 7,7%.
- A pesar de este bajo porcentaje, el aceite de rosa mosqueta es un aceite realmente especial, con características únicas de composición en los dos ácidos grasos esenciales y con componentes bioactivos como tocoles y fitoesteroles, lo que respalda su alta valoración en el comercio nacional e

internacional por sus propiedades en el cuidado de la piel y productos cosméticos en general.

- El aceite de rosa mosqueta
 - Es una de las mejores fuentes naturales de los dos ácidos grasos esenciales, ácido linoleico n-6 y ácido α -linolénico n-3 y los contiene en una relación de 1,4:1,0.
 - Está protegido naturalmente por los tocoles, antioxidantes naturales propios del reino vegetal, que se encuentran en una cantidad alta, de 1460 mg/kg, siendo mayoritario el γ -tocoferol con un promedio de 1134 mg/kg que representa el 78% del total.
 - Es además una excelente fuente de fitosteroles, componentes bioactivos con alto contenido medio, de 3079 mg/kg, siendo el mayoritario el β -Sitosterol con un promedio de 2443 mg/kg, lo que representa el 79% de los fitosteroles totales.
- El aceite de rosa mosqueta tiene características de composición y de componentes bioactivos que hacen que potencialmente pueda considerarse como un producto funcional. Su semilla igualmente puede emplearse directamente en productos de panadería y bollería.

4.6.4. Bibliografía sobre la semilla de rosa mosqueta y su aceite

Anwar F., Latif S., Ashraf M. 2006. Analytical Characterization of Hemp (*Cannabis sativa*) Seed Oil from different Agro-ecological Zones of Pakistan. J. Am. Oil Chemists Soc. 83: 323 - 329.

Anwar F., Przybylski R., Rudsinska M., Gruczynska. and Bain J. 2008. Fatty Acids, Tocopherol and Sterol Compositions of Canadian Prairie Fruit Seed Lipids, J. Am. Oil Chemists Soc. 85: 953 - 959.

Bran, D., Damascos, M., López, C., Ayesa, F., Umaña, F., y Moraga, H. 2004. Distribución, abundancia y disponibilidad de frutos de rosa mosqueta en la Provincia de Neuquén. Patagonia Forestal – Año X N° 1, 6 – 8.

Burton, G. 1989. Antioxidant Action of Carotenoids, *J. Nutr.* 119: 109 - 111.

Deferne, J. and Pate, D. 1996. Hemp seed oil: a source of valuable essential fattyacids. Journal of the International Hemp Association 3: 4–7.

- Dourado, F., Vasco, P., Gama, F., Coimbra, M. and Mota, M. 2000. Characterisation of Rosa Mosqueta seeds: cell wall polysaccharide composition and light microscopy observations. J. Sci. Food Agric. 80: 185 - 1865.
- Israel, S., Benado, M., 1977. Aspectos preliminares del aprovechamiento de la rosa mosqueta (*Fructus cynobatil*) en Chile. Alimentos 2(1): 5 - 8.
- Joublan, J., Berti, M., Serri, H., Hevia, F., Wilckens, R., Finot, L., Salas, C., 1997. Rosa mosqueta: cultivo y mercado. Universidad de Concepción. 21 p.
- Joublan, J., Berti, M., Serri, H., Hevia, F., Wilckens, R., Finot, L. and Salas, C. 2000. Rosa mosqueta: cultivo y mercado. Agroeconómico 56: 32 - 39.
- Malec, L., Civeira, M., Vigo M.S. 1993. Semilla de *Rosa rubiginosa* L. (Rosa Mosqueta). Composición química del aceite crudo de extracción y de la harina residual. An. Asoc. Quim, Argent, 81: 445 - 450.
- Masson, L. y Mella, M. 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.
- Muñoz, M., Barrera, E., Meza, I. 1981. El uso medicinal y alimenticio de plantas nativas y naturalizadas en Chile. Publicación ocasional N° 33. Museo nacional de Historia.
- Oomah, B., Busson, M., Godfrey, D. and Drovera, J. 2002. Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. Food Chemistry 76: 33 – 43.
- Robert P., Carlsson R., Romero N. and Masson L. 2003. "Stability of Spray-Dried encapsulated carotenoid pigments from rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa* L.) oleoresin. J.Am.Oil Chem.Soc., 80, 1115 – 1150.
- Robert P., Romero N., Ortiz J. and Masson L., and Barrera-Arellano D. 2006. "Effect of Rosa Mosqueta (*Rosa rubiginosa*) Extract on the Performance of Chilean Hazelnut Oil (*Gevuina avellana* Mol.) At High Temperature J. Am. Oil Chem.Soc. 83, 8, 114-118.
- Rodriguez, A., Soto, G., Valladares, J. 1987. Caracterización del aceite crudo de "semilla" de mosqueta (*Rosa aff.rubiginosa* L.). Grasas y Aceites 44, 20 – 22.
- Rausch, P. 1995. Verwendung von hanfsamenöl in der kosmetik. In: Bioresource hemp (2nd ed.; pp. 556–561). Cologne, Germany: Nova-Institute.
- Sudzuki, F., 1986. Conozcamos mejor a la rosa mosqueta. Chile agrícola, noviembre

4.7. Papaya (*Carica pubescens* L.)

La papaya, *Carica pubescens* L pertenece a la familia *Caricaceae*. Los nombres vernáculos con los que se conoce son: papaya, papaya de altura, papayuela.

4.7.1. Aspectos generales de la papaya

Descripción

Se cree que el papayo (*Carica papaya* L.), se originó en las áreas cálidas del Norte, Centro y Sudamérica, tanto en la parte mexicana de América Central, como en las estribaciones y laderas bajas de los Andes Orientales y parte noroccidental de la cuenca amazónica y sur de América: Ecuador, Perú, Chile, donde se produce la llamada papaya de altura (*Carica pubescens* L.) que es diferente a la papaya tropical.

Después del descubrimiento de América, el papayo se distribuyó a diversas partes del mundo, cultivándose en la actualidad en extensas zonas de las regiones tropicales y subtropicales de la tierra, siendo Brasil, México y la India, los países productores de la mitad de lo que se produce en el mundo de este cultivo.



Masson, 2003

Figura Py-1. Árbol de la papaya

Respecto a las características botánicas, el papayo (Figura Py-1) se considera una planta arbustiva con tallo hueco, con excepción de los nudos. Puede llegar a tener una altura máxima de 3 m. El desarrollo del tallo es de un solo eje, sin embargo, en cada nudo existe una yema que se puede convertir en rama.

La raíz principal es pivotante que puede desarrollarse hasta un metro de profundidad; las raíces secundarias se desarrollan en un radio de 80 cm. Las hojas crecen en forma simple, alterna y palmeada, son de color verde y peciolo largo. Una planta adulta, normal en su desarrollo, posee alrededor de 30 hojas funcionales. Se

considera que 15 es el mínimo de hojas con las cuales una planta puede desarrollarse bien.

Las flores del papayo son de color blanco, nacen en el tallo cerca de la inserción de las axilas de las hojas, poseen cinco pétalos y cinco sépalos. Se producen tres tipos de flores: femenina, masculina y hermafrodita. La polinización de las flores femeninas y hermafroditas se produce por el viento e insectos.

El fruto del papayo es una baya y la forma depende de la variedad. En el caso de Chile, existe la variedad *Carica pubescens* o *candamarcensis*, que corresponde al papayo de la montaña, siendo esta fruta muy diferente al papayo tropical de Brasil, Colombia o México. La forma y tamaño de la fruta es muy homogénea, de forma ovalada con 5 montes y valles marcados, color amarillo intenso cuando está madura y muy aromática. El fruto está formado por tres partes: exocarpio o cáscara, mesocarpio o pulpa y endocarpio que contiene las semillas y el mucílago. La pulpa del fruto es rica en agua, azúcares, vitaminas, minerales, pigmentos carotenoides (Sudzuki, 1996).

Diistribución geográfica

El papayo se adapta en los límites de los 32 a 35° de latitud norte y de 32 a 35° de latitud sur, en las zonas tropicales y subtropicales, que corresponde a áreas cálidas que están comprendidas desde el nivel del mar hasta los 100 m, pero los mejores rendimientos y calidad de fruto se obtienen entre los 0 y 600 msnm. La temperatura óptima oscila entre 25 y 38 °C y la humedad relativa de 60 a 85%. Se requiere alta luminosidad para que los frutos alcancen un contenido de azúcares deseable.

El riego es indispensable para lograr una producción adecuada en el año. Los métodos más adecuados son los de micro aspersión o goteo. Para la recolección del fruto se deben usar guantes de plástico para evitar que la piel se dañe por el látex rico en papaína. Todas las zonas comprendidas entre los 0 y 600 m sobre el nivel del mar, son potencialmente adecuadas por ser el rango más adecuado para su cultivo, aunque se puede cultivar hasta los 1000 m. Las planicies próximas a la costa presentan buenas condiciones por temperatura y facilidades de riego. Los rendimientos anuales de fruto se estiman en promedio de 20 a 25 tm por ha,

dependiendo del suelo, manejo, ubicación y edad de la planta. La producción se distribuye a través del año entre mayo y febrero (Catastro Frutícola Nacional IV Región, 1999).

Usos

La papaya se comercializa por los canales habituales y se adquiere en los supermercados en estado fresco. En Chile la papaya no puede consumirse cruda como en otros países; debe cocerse en agua azucarada o en jarabe de azúcar, debido a que su contenido de papaína es muy alto; igualmente el pelado casero se hace con guantes para proteger la piel.

La papaya se industrializa en la Región de Coquimbo, 29° 58' latitud sur, y se reparte entre pequeños empresarios e industrias medianas. El sector industrial tiene muy buenos canales de distribución para sus productos elaborados, como papayas al jugo, en conserva, en jarabe simple, jugo de papaya esterilizado, mermelada de papaya, papayas glaseadas, bombones de papaya, miel de papaya, etc., que tienen gran aceptación entre los consumidores (Servicio de Cooperación Técnica - SERCOTEC, 1990).

Las semillas constituyen un producto de desecho, actualmente sin ninguna aplicación industrial. La tradición popular le atribuye propiedades digestivas tanto al fruto como a las semillas. En algunos países las semillas crudas se consumen como antiparasitario (Servicio de Cooperación Técnica - SERCOTEC, 1990).

Las semillas de papaya, al igual que los residuos del pelado químico del fruto, sólo son empleadas en la alimentación de aves (Jaque y Nuñez, 1992). Las semillas se utilizan algunas veces como sustitutos de la pimienta, al tener sabor picante. El sabor aromático se le ha atribuido a la presencia de bencil isotiocianato. Las semillas también se utilizan comercialmente en Hawai como un ingrediente en el aderezo de ensaladas (Urzúa, 1984).

Se ha visto la posibilidad de realizar otro tipo de aprovechamiento de las semillas de papaya, resultando ser de gran interés la obtención del aceite de las mismas, obteniendo así un aceite de origen vegetal para consumo humano.

Para obtener el aceite, es necesario separar las semillas del mucílago a través de un tamiz; para ello se debe frotar el mucílago de las semillas manualmente o mecánicamente sobre el tamiz, y se debe realizar posteriormente un lavado con agua a presión para eliminar de forma rápida y eficiente el arilo que envuelve la semilla. Luego, se procede a centrifugar las semillas con el fin de eliminar completamente el agua de lavado. Es necesario realizar finalmente un proceso de secado de las semillas, pudiendo efectuarse a temperatura ambiente y al aire libre.

Una vez que las semillas de papaya están completamente secas, pasan a la etapa de extracción de aceite, realizando en primer lugar la molienda de las semillas para luego hacer un prensado mecánico de las mismas y en último lugar filtrar a través de filtro prensa. El aceite obtenido se lava con agua destilada, se calienta la mezcla separándose luego el aceite por decantación y filtración (Díaz, 2006).

4.7.2. Estudio analítico de la semilla de papaya y su aceite

Material de análisis

Se obtuvieron cuatro lotes de frutos; cada lote estuvo constituido por 7 kg, y fueron adquiridos en la Región de Coquimbo, 32° 16' latitud sur, Chile. Los lotes se designaron Py-L1, Py-L2, Py-L3 y Py-L4 y las fechas de muestreo fueron abril, julio, septiembre y octubre del 2003.

Estabilización

Las semillas obtenidas de cada lote, una vez limpias del mucílago por lavado con agua destilada, se secaron sobre pliegos de papel de aluminio en estufa de aire forzado a 60°C° para estabilizarlas. Posteriormente se determinó la humedad residual de acuerdo al método descrito en 3.2.1.1.

Almacenamiento

Las semillas obtenidas de cada lote se guardaron en frascos herméticos con contratapa y tapa de rosca debidamente rotulados, los cuales se mantuvieron a temperatura de refrigeración (4°C), hasta su análisis.

Caracterización de la semilla

De cada lote de semillas estabilizadas se tomaron al azar 25 semillas, $n = 100$, para determinar su peso, largo y ancho, calculándose para cada atributo el valor promedio \pm DS.

Muestra de análisis

Estuvo constituida por el homogeneizado obtenido en un molinillo de laboratorio Krupp de aproximadamente 300 g de semillas de cada lote.

Resultados y discusión de las características de la semilla de papaya y su aceite

La caracterización del fruto y de la semilla de la papaya, su composición centesimal y las características químicas del aceite extraído, correspondientes a los cuatro lotes analizados Py-L1, Py-L2, Py-L3 y Py-L4, con su respectivo valor promedio, se presentan en las Tablas y Figuras siguientes:

Tablas:

- Tabla Py-1 Caracterización del fruto y de la semilla de papaya.
- Tabla Py-2 Composición centesimal de la semilla de papaya (g/100 g).
- Tabla Py-3 Ácidos grasos del aceite de la semilla de papaya (g /100 g AG).
- Tabla Py-4 Triglicéridos del aceite de la semilla de papaya (%).
- Tabla Py-5 Tocolos del aceite de la semilla de papaya (mg/kg).
- Tabla Py-6 Fitoesteroides del aceite de la semilla de papaya (mg/kg).

Figuras:

- Figura Py-2 Fruto de papaya *Carica pubescens*.

- Figura Py-3 Fruto y semilla de la papaya tropical *Carica papaya*.
- Figura Py-4 Semillas de la papaya *Carica pubescens*.
- Figura Py-5 Composición centesimal de la semilla de papaya y su distribución porcentual.
- Figura Py-6 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de papaya.
- Figura Py-7 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de papaya.
- Figura Py-8 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de papaya comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Py-9 Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de papaya comparados con los de otros aceites de composición similar.
- Figura Py-10 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de papaya.
- Figura Py-11 Tocolos del aceite de la semilla de papaya.
- Figura Py-12 Tocolos del aceite de la semilla de papaya comparados con los de otros aceites de composición similar.
- Figura Py-13 Fitoesteroles del aceite de la semilla de papaya.
- Figura Py-14 Fitoesteroles del aceite de la semilla de papaya comparados con los de otros aceites de composición similar.

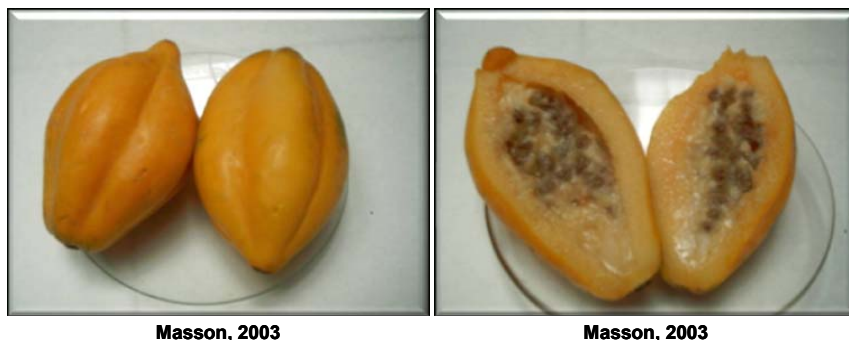
En primer lugar, se comentarán los resultados correspondientes a las características del fruto y la semilla de la papaya (Tabla Py-1).

Tabla Py-1. Caracterización del fruto y de la semilla de la papaya

	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	PESO (g)	Nº SEMILLAS/FRUTO
Fruto (n=10)	11,4 ± 0,4	7,4 ± 0,1	226 ± 31	97 ± 16
Semillas (n=100)	0,6 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,03 ± 0,01	-

Tanto el fruto como la semilla de esta variedad *Carica pubescens* o *candamarcensis*, que corresponde al papayo de la montaña, muy diferente al papayo

tropical, como ya comentamos, tienen características absolutamente diferentes. En esta variedad el peso promedio del fruto es de 226 ± 31 g y 11 cm de longitud; una unidad de la papaya tropical puede pesar fácilmente el doble como mínimo (Figura Py-2 y Figura Py-3).



Masson, 2003

Masson, 2003

Figura Py-2. Fruto de Papaya *Carica pubescens*

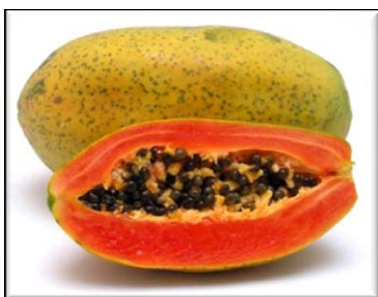
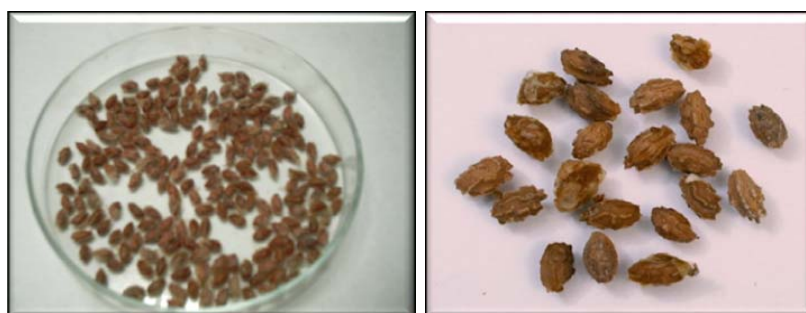


Figura Py-3. Fruto y semilla de la papaya tropical *Carica papaya*

En cuanto a color y textura de la pulpa, en el caso de *Carica pubescens* o *candamarcensis* H, el fruto debe consumirse cocido por su alto contenido de papaína y es de color amarillo intenso muy aromático, textura firme, a diferencia de la papaya tropical que se consume cruda, y cuya pulpa es de color anaranjado y tiene sabor y aroma muy distinto.

La semilla de la papaya de esta zona (*Carica pubescens*) (Figura Py-3 y Figura Py-4), es pequeña, de 0,6 cm de largo (Tabla Py-1), de superficie rugosa, color pardo claro, comparada con la semilla de la papaya tropical *Carica papaya* que, siendo aproximadamente del mismo tamaño, es de color negro.



Masson, 2003

Masson, 2003

Figura Py-4. Semillas de la papaya *Carica pubescens*

La composición centesimal de las semillas de papaya (Tabla Py-2) las coloca en una posición extraordinariamente interesante.

Tabla Py-2. Composición centesimal de la semilla de papaya (g/100 g)

	Humedad	Proteínas (Nx6,25)	Grasa	Hidratos de carbono*	Fibra	Contenido mineral
Py-L1	7,3	22,4	29,8	15,8	18,8	5,9
Py-L2	6,6	26,3	29,5	15,7	16,3	5,6
Py-L3	6,0	25,2	29,5	16,2	16,7	6,4
Py-L4	6,5	28,3	32,4	14,9	13,1	4,8
X ± D.S.	6,6 ± 0,5	25,5 ± 2,5	30,3 ± 1,4	15,7 ± 0,5	16,2 ± 2,4	5,7 ± 0,7

*Hidratos Carbono = g/100 g glucosa

Considerando su humedad promedio de 6,6 g/100 g, es muy equilibrada en los tres macronutrientes y fibra. En orden decreciente de contenido promedio de estos componentes, es: el 30,3% corresponde a materia grasa, seguido de la fracción proteica con 25,5%, fibra e hidratos de carbono siguen en porcentajes del mismo orden, con 16,2 y 15,7%, respectivamente; el contenido mineral es igualmente alto con 5,7 g/100 g. En la Figura Py-5 se muestra esta composición y además, se evidencia el equilibrio ya comentado entre sus componentes, ya que ninguno es absolutamente predominante.

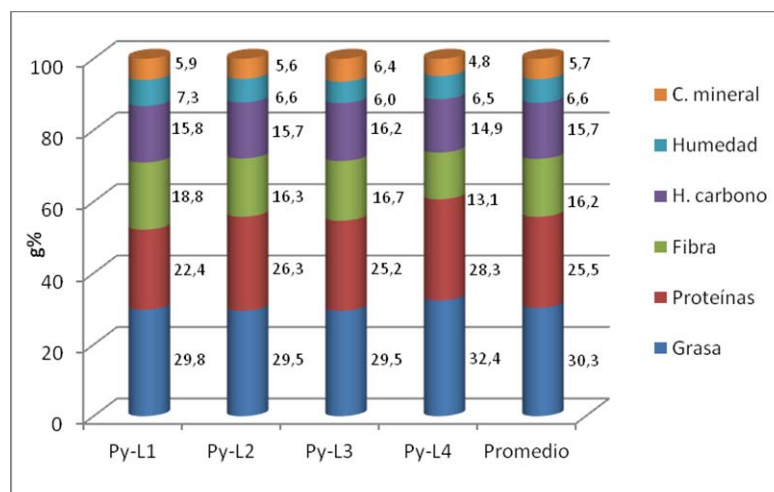


Figura Py-5. Composición centesimal de la semilla de papaya y su distribución porcentual

La composición en ácidos grasos del aceite de la semilla de papaya se presenta en la Tabla Py-3 y el promedio de los ácidos grasos mayoritarios A y minoritarios B en la Figura Py-6. La distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos AGS, AGMI y AGPI, se presenta en la Figura Py-7.

Tabla Py-3. Ácidos grasos del aceite de la semilla de papaya (g/100 g AG)

ÁCIDOS GRASOS		Py-L1	Py-L2	Py-L3	Py-L4	X ± D.S.
Mirístico	14:0	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07 ± 0,00
Palmítico	16:0	9,21	9,39	9,71	9,80	9,53 ± 0,30
Heptadecanoico	17:0	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08 ± 0,00
Esteárico	18:0	3,30	3,36	3,67	3,50	3,46 ± 0,16
Ecosanoico	20:0	0,20	0,23	0,23	0,26	0,23 ± 0,02
Docosanoico	22:0	0,15	0,16	0,17	0,17	0,16 ± 0,00
Tetracosanoico	24:0	0,06	0,08	0,07	0,10	0,08 ± 0,02
ÁGS totales		13,07	13,37	13,99	13,97	13,60 ± 0,46
Palmitoleico	16:1n-7	0,35	0,33	0,29	0,24	0,30 ± 0,05
Heptadecaenoico	17:1n-11	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06 ± 0,00
Oleico	18:1n-9c	71,25	70,71	70,30	71,94	71,05 ± 0,71
Octadecenoico	18:1n-7	0,80	0,84	0,79	0,85	0,82 ± 0,03
Eicosenoico	20:1n-9	0,30	0,30	0,30	0,34	0,31 ± 0,02
ÁGMI totales		72,77	72,24	71,74	73,43	72,54 ± 0,72
Linoleico	18:2n-6	13,41	13,63	13,49	12,10	13,16 ± 0,71
Linolénico	18:3n3	0,75	0,76	0,78	0,50	0,70 ± 0,13
ÁGPI totales		14,16	14,39	14,27	12,60	13,86 ± 0,84
Relaciones						
AGPI:AGMI:AGS						1:5:1
Linoleico:Linolénico						24:1
Oleico: Linoleico						5:1

El aceite de la semilla de papaya es preferentemente monoinsaturado, con $72,54 \pm 0,72$ % (Tabla Py-3), lo que coincide con los datos de Masson *et al.* (2008), con una marcada presencia de ácido oleico, cuyo promedio es de $71,05 \pm 0,7$.

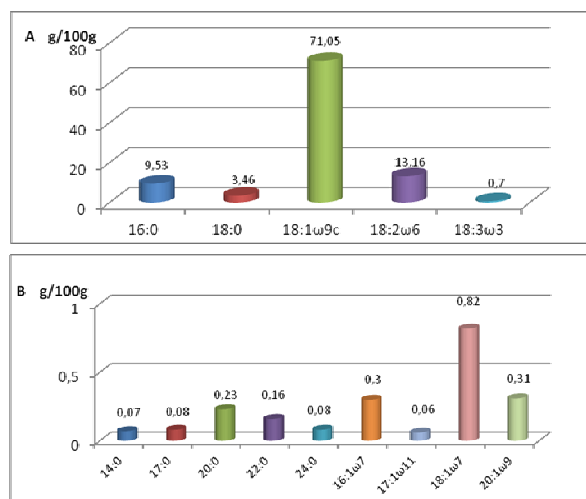


Figura Py-6. Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de papaya

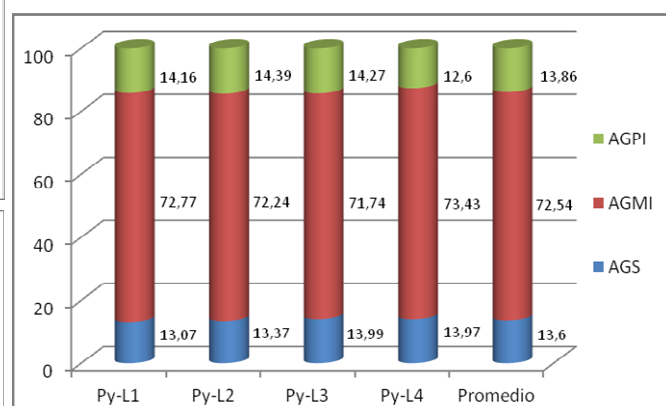


Figura Py-7. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de papaya

Le sigue en importancia el ácido linoleico C18: 2n-6 con un promedio de $13,16 \pm 0,71$ % que representa el 95% de los AGPI ($13,86$ %). El ácido palmítico con $9,53 \pm 0,3$ representa el 70% del total de los AGS presentes, que alcanzan al $13,60$ %.

Las Figuras Py-8 y PY-9 muestran gráficamente la comparación por grupo de ácidos grasos y de los ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de la papaya comparados con los de otros aceites de composición similar, respectivamente.

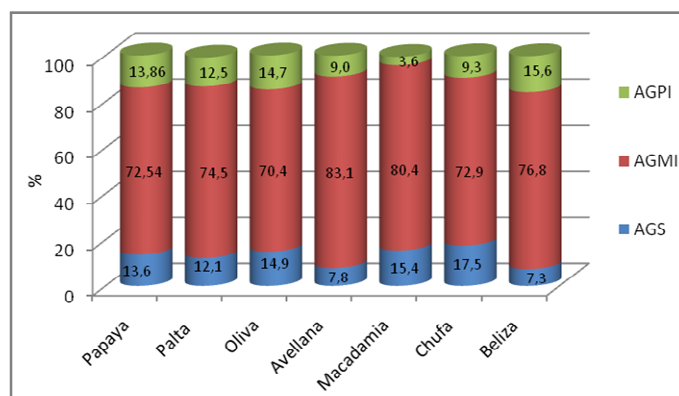


Figura Py-8. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de papaya comparada con la de otros aceites de composición similar

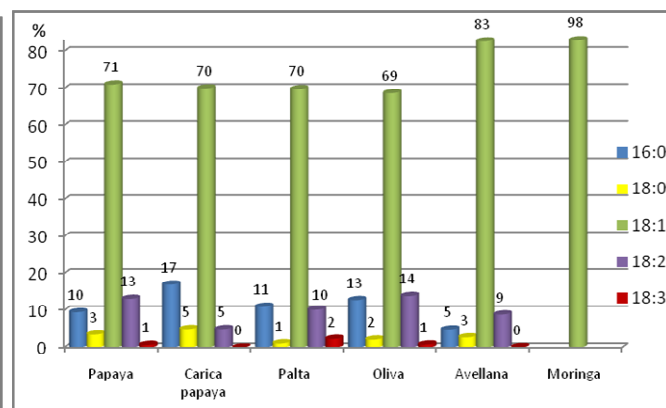


Figura Py-9. Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de papaya comparados con los de otros aceites de composición similar

La primera comparación se hará con el aceite de la semilla de papaya tropical (*Carica papaya*) que se consume cruda, de carne color rojo-anaranjado y semillas de color negro (Figura Py-3). Estas semillas presentan entre los AGS: Ácido láurico 12:0, 0,1%, ácido mirístico 14:0, entre 0,4 – 1%; ácido palmítico 16:0, entre 16 -18%; ácido esteárico 18:0, entre 3- 6%; ácido eicosanoico 20:0; entre 0,1- 0, 6%; ácido docosanoico 22:0, entre 0,1 – 2%; AGMI: ácido palmitoleico 16:1 9c, entre 0,7 – 1,3%; ácido oleico 18:1, 9c, entre 63 - 77%. AGPI: ácido linoleico 18:2, 9c,12c, entre 0,4 – 10%. (Firestone, 2006). Esta composición se diferencia de la encontrada en este trabajo para la papaya que se cultiva en Chile, *Carica pubescens* o *candamarcensis* H. El contenido de AGS, del aceite de la semilla de *Carica papaya* es más saturado que el de *Carica pubescens*, principalmente por su mayor contenido de ácido palmítico, entre 16 y 18 %, mientras que en el aceite de *Carica pubescens* dio un promedio de 9,53 % \pm 0,30 notablemente menor.

En el grupo de los AGMI el ácido oleico, que es el principal en el caso del aceite de la semilla de la *Carica pubescens* con un promedio de 71,05% \pm 0,71, está dentro del rango que se ha encontrado en el aceite de la semilla de *Carica papaya*, entre 63 - 77%. El grupo de los AGPI representado principalmente por el ácido linoleico, el valor promedio de 13,16 % \pm 0,71 encontrado en el aceite de la semilla de la *Carica pubescens* es mayor que el rango señalado para el aceite de la semilla de la *Carica papaya*, entre 0,4 -10%. La relación ácido oleico:linoleico para el aceite de la semilla de *Carica pubescens* y *Carica papaya* es de 5:1 y 7:1 respectivamente.

La composición del aceite de la semilla de papaya (*Carica pubescens*) es también comparable a la que presenta el fruto de la palta o aguacate, variedad fuerte (*Persea americana*) (Masson y Mella, 1985) , en la cual se encuentra la siguiente distribución: 12,1% AGS (el 91% corresponde a ácido palmítico); 74,5% AGMI (el 94% corresponde a ácido oleico) y 12,5% AGPI (el 81% corresponde a ácido linoleico), con una relación entre ácido oleico:linoleico de 7:1 y en el aceite de la semilla de la papaya (*Carica pubescens*) esta relación es de 5:1

También es comparable con el aceite del fruto de la oliva (*Olea europea sativa*) de acuerdo a Masson y Mella (1985), cuyos ácidos grasos están distribuidos en 14,9% de AGS, con 12,8% de ácido palmítico; 70,4% de AGMI con 68,7% de ácido

oleico y 14,7% de AGPI con 13,9% de ácido linoleico, presentando una relación ácido oleico:linoleico de 5:1 coincidente con el del aceite de la semilla de la papaya. Surge así la alternativa de un nuevo aceite a partir de una materia prima que actualmente queda como desecho de la industrialización del fruto de la papaya y que tiene una composición en ácidos grasos muy parecida al de palta o aguacate y de oliva, ambos de reconocida importancia en alimentación humana.

El árbol marango (*Moringa oleifera*), también llamado ben, propio de zonas áridas y semiáridas de Asia, Africa y Madagascar, brinda una innumerable cantidad de productos valiosos que las comunidades han aprovechado por cientos o tal vez por miles de años. Diferentes partes del árbol se utilizan en medicina natural. Las vainas verdes, las hojas, las flores y las semillas tostadas son muy nutritivas y se consumen en muchas partes del mundo.

El aceite de la semilla de *Moringa oleifera* puede utilizarse en la cocina, como también para producir jabones, cosméticos y combustible para lámparas. Los residuos de la extracción del aceite de las semillas pueden emplearse como acondicionador del suelo o como fertilizante y tienen potencial para ser utilizados como suplemento alimenticio avícola y ganadero. La semilla de *Moringa oleifera* tiene un 40% de aceite y el perfil de ácidos grasos del aceite indica un 73% de ácido oleico. (Folkard y Sutherland, 1996). Anwar (2005) comenta que la composición en ácidos grasos del aceite de la semilla de esta especie presenta un 21,36% de AGS, un 75,72% AGMI (de los cuales el 98% corresponde a ácido oleico) y un 1,24% AGPI, donde radica la diferencia con el aceite de la semilla de papaya.

En la Tabla Py-4 y en la Figura Py-10, se describe la distribución porcentual de los principales triglicéridos del aceite de semilla de la papaya. Es evidente la alta participación del ácido oleico, formando triglicéridos principalmente en forma de trioleinas (44,7%), dioleilpalmitina (18,9%), dioleillinoleína (18,9%).

Tabla Py-4. Triglicéridos del aceite de la semilla de papaya (%)

TRIGLICERIDOS	Notación	ECN	Py-L1	Py-L2	Py-L3	Py-L4	X ± D.S.
Trilinoleína	LLL	42	1,2	1,6	1,7	1,5	1,5 ± 0,2
Dilinoleilpalmitoleína	LLP	42	0,6	0,7	0,6	1,0	0,7 ± 0,2
Oleillinoileillinolenina	OLLn	42	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5 ± 0,1
Oleildilinoleína	OLL	44	4,8	4,5	6,7	5,5	5,4 ± 1,0
Dioleillinolenina	OLnO	44	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2 ± 0,1
Dilinoleilpalmitoleína	LLP	44	1,1	1,3	1,0	2,1	1,4 ± 0,5
Dioleillinoleína	OLO	46	19,9	19,1	19,2	17,4	18,9 ± 1,1
Oleillinoileilpalmitina	OLP	46	6,8	5,3	8,6	7,4	7,0 ± 1,4
Dipalmitoillinoleína	PLP	46	0,9	0,4	0,6	1,7	0,9 ± 0,6
Trioleína	OOO	48	44,5	46,0	43,7	44,0	44,5 ± 1,2
Estearillinoileiloleín+ Dioleilpalmitina	SLO+ OOP	48	17,0	18,4	15,3	16,3	16,7 ± 1,3
Estearildioleína	SOO	50	2,5	2,2	2,0	2,3	2,2 ± 0,2

ECN = N° Equivalente de Carbonos = CN-2DB.

CN = N° total de C de la cadena, 2DB = 2 veces el N° de dobles enlaces

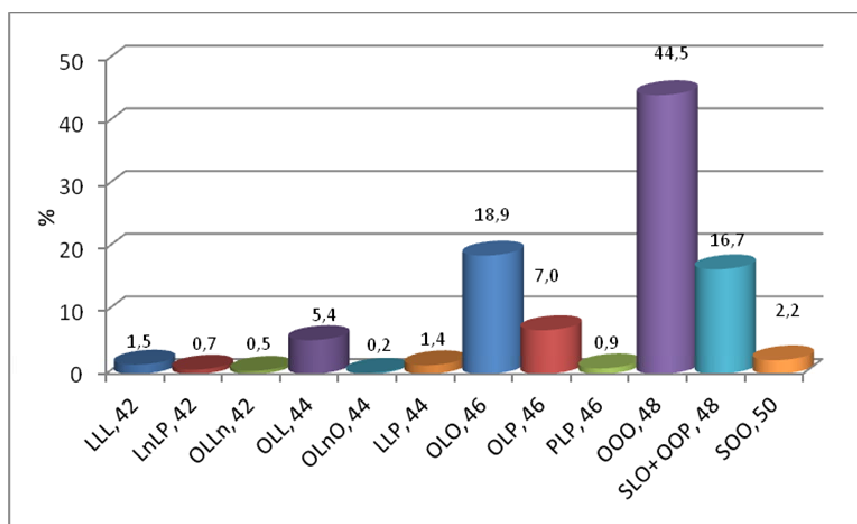


Figura Py-10. Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de papaya

Tanto en la Tabla Py-5 como en la Figura Py-11 se detalla la composición de los tocoles del aceite de la semilla de papaya y en la Figura Py-12 se muestra la

comparación de la composición de tocoles de este aceite con el de otros aceites de composición similar.

Tabla Py-5. Tocolos del aceite de la semilla de la papaya (mg/kg)

TOCOLES	Py-L1	Py-L2	Py-L3	Py-L4	X ± D.S.
α-Tocoferol	36	37	43	42	40 ± 3
α-Tocotrienol	3	5	5	2	4 ± 1
β-Tocoferol	4	4	6	3	4 ± 1
γ-Tocoferol	307	266	341	285	300 ± 32
δ-Tocoferol	36	33	45	30	36 ± 6
Total	386	345	440	362	384 ± 41

La protección antioxidativa de este aceite está dada por la presencia de γ-tocoferol, con una contribución del 78% al total de los tocoles determinados, que corresponde a un promedio de 300 mg/kg, α y δ tocoferol se encuentran en un valor promedio del orden de 40 mg/kg.

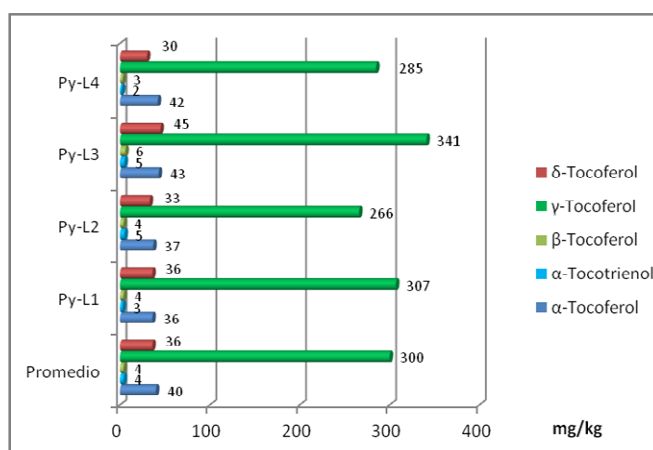


Figura Py-11. Tocolos del aceite de la semilla de papaya

La Figura Py-12 presenta la comparación del contenido de los tocoles del aceite de la semilla de la papaya *Carica pubescens* con el del aceite de la semilla de papaya *Carica papaya*, aceite de oliva, aceite de palta o aguacate.

De la Figura Py-12 se desprende que la composición en tocoles del aceite de la semilla de *Carica pubescens* es muy diferente al de la semilla de *Carica papaya*. El aceite de la semilla de la *Carica pubescens* tiene un contenido promedio total de tocoles de 384 ± 41 mg/kg representado principalmente por γ-con un promedio de 300 ± 32, y le sigue el α-tocoferol con un promedio de 40 ± 3 mg/kg; en cambio, el aceite de la semilla de *Carica papaya* tiene 85.5 mg/kg α-tocotrienol y un contenido total

de 107,5 mg/kg de tocoles, valor bastante bajo en comparación al encontrado en el aceite de la semilla de *Carica pubescens* ya comentado.

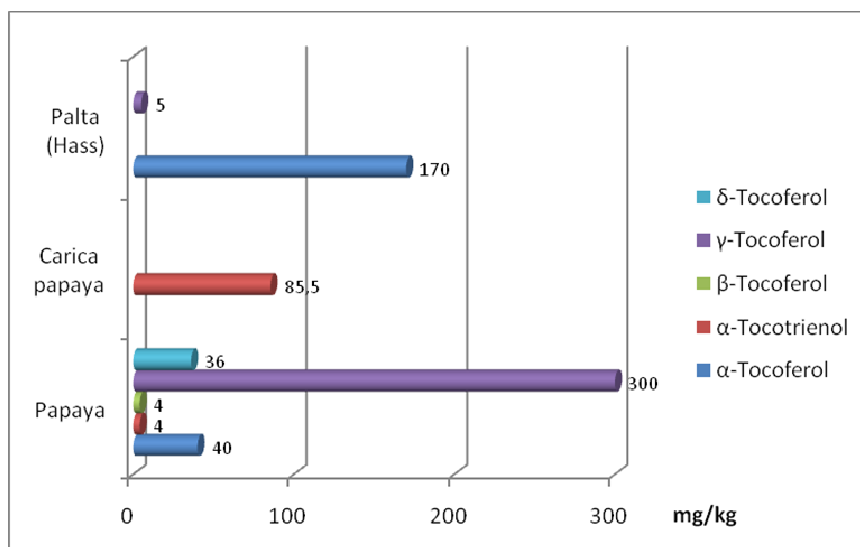


Figura Py-12. Tocolos del aceite de la semilla de papaya comparada con la de otros aceites de composición similar

A pesar de que el aceite de la semilla de papaya tiene una composición en ácidos grasos parecida a la del aceite de oliva y palta o aguacate, su composición en tocoferoles es absolutamente diferente. Como se señaló, el mayoritario es el γ -tocoferol, en cambio en aceite de palta o aguacate el total está entre 83 -100 mg/kg siendo α -tocoferol prácticamente el único tocol presente con rangos entre 64-100 mg/kg (Firestone, 2006)

Masson (2007), en su informe técnico sobre aceite de palta o aguacate var. Hass señala un total entre 158 - 189 mg/kg correspondiendo entre 154 - 185 mg/kg a α -tocoferol y una pequeña cantidad de γ -tocoferol. Para el aceite de oliva extra virgen la literatura indica principalmente α -tocoferol con valores entre 100-140 mg/kg (Boskou, 2006). Esta composición diferente en tocoles, podría otorgarle al aceite de la semilla de la papaya una mayor protección antioxidativa que la que presentan los otros aceites comparados, dado que el γ -tocoferol es un poderoso antioxidante “in vitro”.

En la Tabla Py-6 y en la Figura Py-13 se muestra la distribución de los fitoesteroles presentes en el aceite de la semilla de la papaya y en la Figura Py-14 la comparación con el contenido de fitoesteroles de otros aceites de composición similar.

Tabla Py-6. Fitoesteroles del aceite de la semilla de la papaya (mg/kg)

FITOESTEROLES	Py-L1	Py-L2	Py-L3	Py-L4	X ± D.S.
Campesterol	471	409	501	456	459 ± 38
Estigmasterol	185	166	154	144	162 ± 18
β-Sitosterol	4455	4298	4122	4353	4307 ± 139
Δ5-Avenasterol	482	490	459	398	457 ± 42
Δ7-Estigmastanol	92	85	79	98	89 ± 8
Δ7-Avenasterol	246	203	234	245	232 ± 20
Total	5931	5651	5549	5694	5706 ± 162

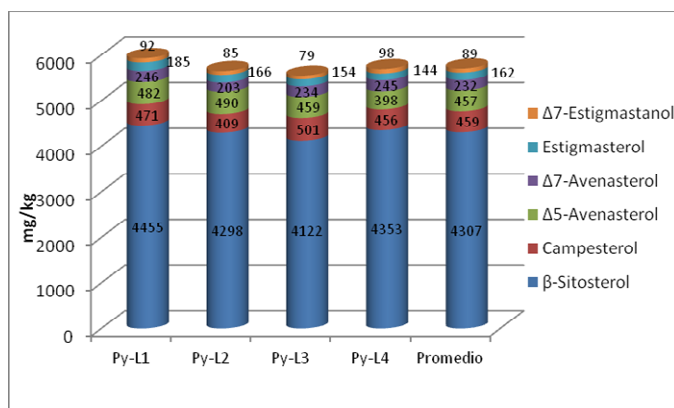


Figura Py-13. Fitoesteroles del aceite de la semilla de papaya

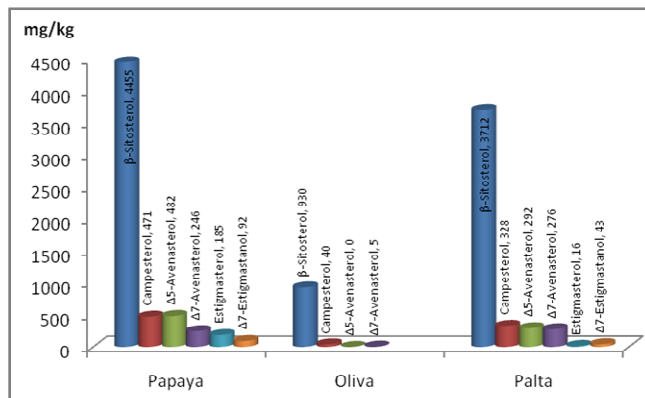


Figura Py-14. Fitoesteroles del aceite de la semilla de papaya comparado con otros aceites de composición similar

Es importante hacer notar que este aceite cuenta con un alto contenido en esteroides, total promedio **5706 mg/kg**, siendo el más importante el β-sitosterol, el cual está presente en la mayoría de las materias grasas de origen vegetal. Las tres cuartas partes del contenido total de fitoesteroides está representado por este esteroide con 4307 mg/kg, seguido por el campesterol y el Δ5-avenasterol, presentes cada uno en cifras del orden de los 500 mg/kg y en menor cantidad se encuentran el Δ7-Avenasterol, Estigmasterol y el Δ7-Estigmastanol con 232, 162 y 89 mg/kg respectivamente. Los

fitoesteroles son compuestos bioactivos y en alta concentración disminuyen la absorción del colesterol a nivel del tracto gastrointestinal.

Comparado con el aceite de palta o aguacate, el aceite de la semilla de papaya lo sobrepasa, a pesar de ser este aceite una excelente fuente de fitoesteroles (4667 mg/kg) y también fue muy superior al contenido de fitoesteroles totales del aceite de oliva virgen extra (1000 mg/kg) (COI, 1997).

4.7.3. Conclusiones respecto a la semilla de papaya y su aceite

- La semilla del fruto del papayo destaca por tener como componente mayoritario la grasa, con un valor medio de 30%, seguido por las proteínas con 25,5%; hidratos de carbono y fibra se encuentran prácticamente alrededor del 16% cada uno y presentan además un alto contenido mineral 5,7%.
- El aceite de la semillas de esta papaya (*Carica pubescens*) se caracteriza por:
 - La composición en ácidos grasos es excelente lo que permite clasificarlo como de tipo alto oleico, con una buena relación oleico:linoleico de 5:1. Actualmente este tipo de aceites es altamente demandado por sus características saludables y sus posibilidades de aplicación industrial para procesos de fritura, a lo que concurre además un alto aporte de componentes bioactivos, tocoles y fitoesteroles.
 - Tiene una composición similar a la de dos aceites de alto valor comercial como son el de oliva y el de palta o aguacate y se presenta como una excelente fuente potencial alternativa a los mismos, a los que además supera en el contenido de compuestos bioactivos como tocoles y fitosteroles.
 - Por todo ello, este aceite podría considerarse como un nuevo aceite que en sí mismo tiene una composición muy interesante, pero previamente, deberían confirmarse sus propiedades con el fin de su empleo para consumo humano.
- Las características de composición de la semilla de papaya (*Carica pubescens*), son excepcionales, lo que le abre amplias posibilidades como

fuente potencial de uso en la industria alimentaria, previa su comprobación de seguridad para consumo humano

4.7.4. Bibliografía sobre la semilla de papaya y su aceite

Anwar, F., Shraf, A., and Bhanger, M. 2005. Interprovenance Variation in the Composition of *Moringa oleifera* Oilseeds from Pakistan. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 82: 45-51.

Boskou, D. 1998. Química y tecnología del aceite de oliva. Ed. Mundi Prensa Libros S.A. España

Catastro Frutícola Nacional IV Región. 1999. Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN. Oficina de Planificación Agrícola (ODEPA), Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.

Consejo Oleícola Internacional (COI). 1997. Norma comercial aplicable al aceite de oliva y al aceite de orujo de oliva.

Díaz, L. 2006. Industrialización y aprovechamiento de productos y sub-productos derivados de materias primas agropecuarias de la Región de Coquimbo. LOM ediciones Ltda. Santiago, Chile. 285 p.

Firestone, D. (Editor), 2006. Physical and chemical characteristics of oils, fats and waxes. AOCS Press. 2nd Edition USA.

Folkard, G. y Sutherland, J. 1996. *Moringa oleifera* un árbol con enormes potencialidades. *Agroforestry Today* 8 (3).

Jaque, A. y Nuñez, J. 1992. Caracterización química del mucílago y de los ácidos grasos de las semillas de la papaya (*Carica candamarcensis*). Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Serena, Chile.

Masson, L. 2007. Informe técnico sobre obtención y caracterización de aceite de palta o aguacate var. Hass. Datos no publicados. Universidad de Chile.

Masson, L., y Mella, M. 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.

- Masson, L., Camilo, C., Gonzalez, K., Cáceres, A., Jorge, N., and Torija, M.E., 2008. New Sources of Oilseeds from Latin American Native Fruits. *Natural Products Communications* 3, 357 – 362.
- Servicio de Cooperación Técnica – SERCOTEC. 1990. *Plantas Industrializadoras de la Papaya*, La Serena, Chile, pp 1 – 94.
- Urzúa, F., 1984. Cultivo de papayas: Interesante rubro de exportación. *Informativo Pro-Chile*.
- Sudzuki, F. 1996. *Frutales subtropicales para Chile*. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. 115 – 136.

4.8. Avellana Chilena (*Gevuina avellana* Mol.)

Gevuina avellana o avellana chilena está incluida en la familia *Proteaceae*. Son sinónimos: *Quadria heterophylla*, *Quadria avellana* Mol. Los nombres vernáculos son: avellano, guevín, nefuén.

4.8.1. Aspectos generales de la avellana chilena

Descripción

Se trata de un árbol de hasta 18 m de altura, con copa globosa cuando crece aislado, muy ramificado. El tronco es recto, cilíndrico, de 50 – 60 cm de diámetro, corteza delgada, ligeramente rugosa. Ramas tendidas, flexibles, largas; ramitas con los extremos densamente pubescentes y los brotes cubiertos de un tomento ferrugíneo (Figura Av-1).



Figura Av-1. Árbol de avellano chileno

Las hojas son perennes, alternas, compuestas, imparipinadas (a veces bipinadas), de 7 – 35 cm de largo; folíolos coriáceos, glabros, generalmente aovados, de 2 – 5 cm de largo, opuestos, cortamente peciolados, agudos en el ápice, desiguales en la base, notablemente aserrados en el margen, verde – brillantes en la cara superior y verde pálidos en la cara inferior.

La inflorescencia es un racimo recto axilar, de 10 –14 cm de largo, dispuesto en los extremos de las ramas, y pedúnculos florales cubiertos de un tomento rojizo. Sus flores son hermafroditas, de 1 – 1,2 cm de largo, asimétricas, pedunculadas, geminadas, dispuestas helicoidalmente alrededor del raquis. Tépalos 4, libres, reflejos, pubescentes de 9 – 10 cm de largo, blanco – cremosos, rojizos en la base. Estambres 4, insertos en la concavidad de cada uno de los tépalos. Las flores comienzan a abrirse entre enero y febrero, hasta mayo.



Masson, 2004

Masson, 2004

Figura Av-2. Fruto del avellano chileno maduro

El fruto es una nuez, de 1,5 – 2 cm de diámetro, globosa o levemente ovalada, ápice algo protuberante, verde, rojo o negro – violáceo según sea el grado de madurez. Demoran más de un año en madurar. Cada inflorescencia sólo desarrolla entre 5 – 7 frutos, mientras que el número de flores es de alrededor de 50 (Figura Av-2) (Rodríguez *et al.*, 1983).

Distribución geográfica

Es un árbol endémico de los bosques subantárticos. En Chile crece ampliamente desde la Región del Maule, 34° 41' de latitud sur hasta las Islas Guaytecas, Región de Aysén, 43° 38' de latitud sur. Se encuentra especialmente en los faldeos de la Cordillera de Los Andes y la Cordillera de la Costa (Rodríguez *et al.*, 1983; Hoffmann, 1998).

Usos

La madera fina, obtenida de este árbol, notoriamente vetada oscura sobre fondo claro, es elástica y liviana; se pule fácilmente y se presta muy bien para tornería. Su uso está limitado a la ebanistería, confección de algunos instrumentos musicales y artesanía popular. Es una importante especie ornamental en parques y jardines, siendo muy decorativo por sus hermosas flores blancas y sus frutos rojos al estado inmaduro. Los frutos denominados comúnmente “avellanas” son comestibles y se consumen enteros, crudos, tostados o molidos como harina. (Rodríguez *et al.*, 1983).

4.8.2. Estudio analítico de la semilla de avellana chilena y su aceite

Material de análisis

Se obtuvieron cuatro lotes de frutos maduros de avellana chilena. Cada lote estuvo constituido por 5 kg, que fueron obtenidos en la Región de la Araucanía, 38° 43' y Región de Los Lagos 41° 26' latitud sur latitud sur, Chile. Los lotes se designaron Av-L1, Av-L2, Av-L3 y Av-L4 y las fechas de muestreo fueron: marzo y abril de 2003 y 2004.

Obtención de las semillas

Se aplicó el sistema de cuarteo a cada lote de fruto entero (5 kg) hasta obtener aproximadamente 600 g de fruto entero, que se partieron manualmente para obtener la semilla; el rendimiento fue cercano al 40%, aproximadamente 240 g.

Estabilización

La cantidad de semillas obtenida por el cuarteo se secó sobre pliegos de papel de aluminio en estufa de aire forzado a 60°C para estabilizarlas. Posteriormente se determinó el contenido de humedad de acuerdo al procedimiento indicado en 3.2.1.1.

Almacenamiento

Las semillas estabilizadas obtenidas del cuarteo de cada lote se guardaron en frascos herméticos con contratapa y tapa de rosca debidamente rotulados, y se mantuvieron a temperatura de refrigeración (4°C) hasta su análisis.

Caracterización de la semilla

De cada cuarteo de semillas estabilizadas se pesaron al azar 25 semillas, $n = 100$, para determinar peso, largo y ancho promedio de una semilla, calculándose para cada atributo el valor promedio \pm DS.

Muestra de análisis

Estuvo constituida por el homogeneizado obtenido en un molinillo de laboratorio Krupp del total de las semillas estabilizadas, provenientes del cuarteo de cada lote, aproximadamente 240 g de semillas.

Resultados y discusión de las características de la semilla de avellana chilena y su aceite

En la Figura Av-3 se observan las imágenes de fruto entero, fruto partido y semilla de avellana chilena y se aprecia claramente el color pardo oscuro del fruto maduro y el blanco amarillento de sus semillas.



Figura Av-3. Fruto y semilla de avellana chilena

La caracterización del fruto y de la semilla de avellana, su composición centesimal y las características químicas del aceite extraído de las mismas, correspondientes a los cuatro lotes analizados Av-L1, Av-L2, Av-L3 y Av-L4, con su respectivo valor promedio, se presentan en las Tablas y Figuras siguientes:

Tablas:

- Tabla Av-1 Caracterización del fruto y de la semilla de avellana chilena.
- Tabla Av-2 Composición centesimal de la semilla de avellana chilena (g/100 g).
- Tabla Av-3 Ácidos grasos del aceite de la semilla de avellana chilena (g AG/100 g AG).
- Tabla Av-4 Comparación del contenido de ácidos grasos del aceite de avellana chilena con el de otras semillas.
- Tabla Av-5 Triglicéridos del aceite de la semilla de avellana chilena (%).
- Tabla Av-6 Tocolos del aceite de la semilla de avellana chilena (mg/kg).

- Tabla Av-7 Fitoesteroides del aceite de la semilla de avellana chilena (mg/kg).

Figuras:

- Figura Av-4 Composición centesimal de la semilla de avellana chilena y su distribución porcentual g%.
- Figura Av-5 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de avellana chilena.
- Figura Av-6 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de semilla de avellana chilena.
- Figura Av-7 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de avellana chilena comparadas con otros aceites de composición similar.
- Figura Av-8 Ácidos grasos mayoritarios del aceite de semilla de avellana chilena comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Av-9 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de avellana chilena.
- Figura Av-10 Tocolos del aceite de la semilla de avellana chilena.
- Figura Av-11 Tocolos del aceite de la semilla de avellana chilena comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Av-12 Fitoesteroides del aceite de la semilla de avellana chilena.
- Figura Av-13 Fitoesteroides del aceite de la semilla de avellana chilena comparados con otros aceites de composición similar.

El fruto de la avellana chilena (Tabla Av-1) dio un promedio de 2,2 cm de largo por 1,6 cm de ancho lo que confirma su forma esférica; el peso promedio fue de 1,8 g

Tabla Av-1 Caracterización del fruto y semilla de la avellana chilena

	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	PESO (g)	Nº SEMILLAS/FRUTO
Fruto (n=100)	2,2 ± 0,4	1,6 ± 0,3	1,8 ± 0,6	1
Semillas (n=100)	1,2 ± 0,3	1,0 ± 0,2	0,7 ± 0,3	-

Como se observa en la Figura Av-3, la corteza del fruto maduro es de color pardo oscuro y alberga en su interior una sola semilla a la que se denomina avellana. El largo promedio de esta avellana es de 1,2 cm de largo por 1 cm de ancho lo que concuerda con su forma esférica; su color es blanco-amarillento y su peso promedio de 0,7 g. En Chile se tuesta antes de su consumo para desarrollar algo de aroma y la semilla toma un color más pardo. Su consistencia es dura, de aroma y sabor agradable característico de esta semilla.

La Tabla Av-2 y la Figura Av-4, muestran la composición centesimal de la semilla y su distribución porcentual. La humedad se encuentra en torno al 6,5 – 7%. Lo más destacado de la composición de esta semilla es contenido de grasa, cuyo valor medio es de 48,3 g/100 g, lo que la hace una excelente fuente de este nutriente.

Tabla Av-2. Composición centesimal de la semilla de avellana chilena (g/100 g)

	Humedad	Proteínas (Nx6,25)	Grasa	Hidratos de carbono*	Fibra	Contenido mineral
AV-L1	6,8	17,6	47,5	19,6	5,4	3,0
AV-L2	6,4	15,3	48,2	20,9	5,3	3,1
AV-L3	6,6	15,8	49,3	19,8	5,1	3,4
AV-L4	6,5	16,4	48,0	21,1	4,9	3,0
X±D.S.	6,6 ± 0,2	16,3 ± 1,0	48,3 ± 0,8	20,4 ± 0,8	5,2 ± 0,2	3,1 ± 0,2

*Hidratos Carbono = g/100g glucosa

Destaca además el aporte de hidratos de carbono y de proteínas en porcentajes del orden del 20 y 16%, respectivamente, lo que le confiere características nutricionales excepcionales; por esta razón tiene un amplio consumo en el país, principalmente en las regiones de origen.

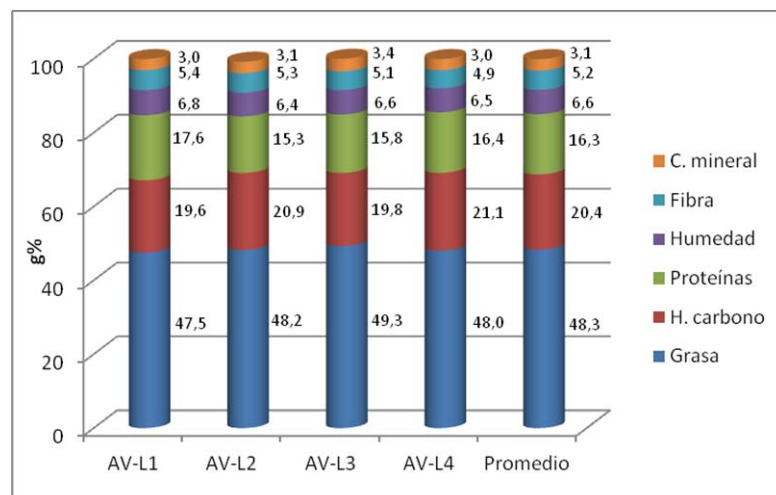


Figura Av-4. Composición centesimal de la semilla de avellana chilena y su distribución porcentual

La Tabla de Composición de Alimentos Chilenos (Schmidt-Hebbel *et al.*, 1992), contiene información sobre la composición del fruto de la avellana chilena y los valores encontrados en este trabajo son coincidentes con los que aparecen en aquella. Se confirma que la semilla de avellana es una excelente fuente de grasa, hidratos de carbono y proteínas, con menor aporte de fibra y alto contenido mineral. Constituye, por lo tanto, una excelente fuente alimentaria por su gran aporte de los principales macronutrientes, y su alto contenido de grasa la convierte en una excelente materia prima para obtener el aceite natural de avellana chilena, de alta cotización en el mercado de cosméticos nacional e internacional.

En la Tabla Av-3 se presenta la composición en ácidos grasos del aceite de la semilla de avellana chilena y su distribución porcentual. La Figura Av-5 incluye los AG mayoritarios A) y los minoritarios B) del aceite de esta semilla y en la Figura Av-6 se representa la distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos.

Tabla Av-3. Ácidos grasos del aceite de la semilla de avellana chilena (g AG/100 g AG)

ÁCIDOS GRASOS		AV-L1	AV-L2	AV-L3	AV-L4	X ± D.S.
Mirístico	14:0	0,09	0,06	0,06	0,08	0,07 ± 0,02
Palmítico	16:0	2,23	2,12	2,18	2,05	2,15 ± 0,08
Esteárico	18:0	0,83	0,68	0,62	0,79	0,73 ± 0,10
Ecosanoico	20:0	1,59	1,53	1,49	1,59	1,55 ± 0,05
Docosanoico	22:0	2,27	2,21	2,17	1,59	2,06 ± 0,32
Tetracosanoico	24:0	0,75	0,59	0,75	0,56	0,66 ± 0,10
AGS totales		7,76	7,19	7,27	6,66	7,22 ± 0,45
Palmitoleico	16:1n-7	0,30	0,27	0,27	0,26	0,28 ± 0,02
Hexadecenoico	16:1n-5	23,08	22,95	23,16	22,85	23,01 ± 0,1
Octadecenoico	18:1n-9t	0,32	0,15	0,19	0,31	0,24 ± 0,09
Oleico	18:1n-9	37,54	37,14	37,15	37,50	37,33 ± 0,2
Octadecenoico	18:1n-5	6,13	6,15	6,39	6,67	6,34 ± 0,25
Eicosenoico	20:1n-9	3,18	3,34	3,17	3,03	3,18 ± 0,13
Eicosenoico	20:1n-5	6,34	6,56	6,61	6,73	6,56 ± 0,16
Docosenoico	22: 1n-9	1,70	1,89	1,75	1,60	1,74 ± 0,12
Docosenoico	22: 1n-5	6,89	7,38	7,40	7,40	7,27 ± 0,25
AGMI totales		85,48	85,83	86,09	86,35	85,94 ± 0,37
Linoleico	18:2n-6	6,62	6,63	6,90	6,22	6,59 ± 0,28
Linolénico	18:3n-3	0,13	0,11	0,11	0,12	0,12 ± 0,01
AGPI totales		6,75	6,74	7,01	6,34	6,71 ± 0,3
Relaciones						
AGPI:AGMI:AGS						0,9:121
Linoleico:Linolénico						55:1
Oleico:Linoleico						6:1

El aceite de avellana chilena (*Gevuina avellana* Mol.) se puede clasificar en el grupo de las materias grasas de origen vegetal con menos de 40% de ácido linoleico y preferentemente monoinsaturado, según la clasificación propuesta por Masson y Mella (1985), con la salvedad de que el aceite de avellana chilena, se caracteriza por presentar dentro del grupo de los AGMI un alto contenido de un isómero del ácido palmitoleico 16:1 Δ 9c, que es el ácido hexadecenoico 16:1 Δ 11c, característico de especies de la familia Protaceae a la cual pertenece esta especie (Bertoli *et al.*, 1998; Aitzetmuller, 2004).

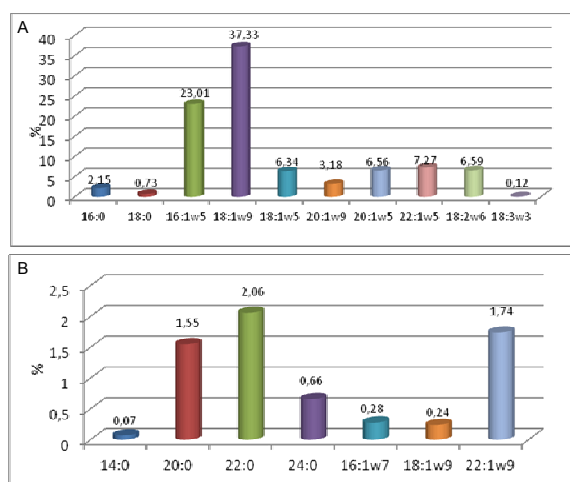


Figura Av-5. Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de avellana chilena

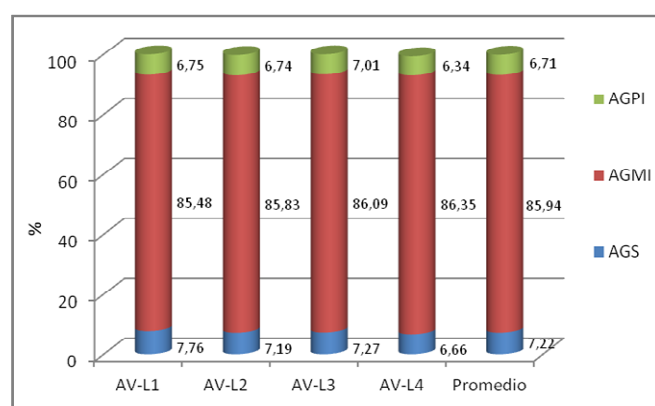


Figura Av-6. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de avellana chilena

El valor indicado por Masson y Mella (1985) para AGS totales, de 6,2% es cercano al promedio obtenido en el presente estudio, de 7,2%; en el caso de los AGMI totales señalan un 81,1%, valor algo más bajo que el encontrado en este trabajo, que ha sido de 85,9%, sin embargo, el valor medio de 23% encontrado en este estudio, para el isómero del ácido palmitoleico, el ácido hexadecenoico 16:1 Δ 11, característico de esta especie, coincide prácticamente con esta referencia que indica 24%. Lo mismo es válido para el contenido de ácido oleico (citan 40%), que incluye sus isómeros, que actualmente, con el empleo de las columnas capilares se identifican perfectamente; en este trabajo; el porcentaje de ácido oleico fue de 37,3% como promedio, pero sumados los isómeros se alcanzó un 44%. Un hecho similar se encuentra para el contenido de ácido eicosanoico 20:1; la referencia señala un 7,3% y en este estudio, se detectaron dos isómeros, cuya suma fue de 9,7%. Para el ácido

docosenoico 22:1, se aplica lo mismo, pues se detectaron dos isómeros y la suma de ellos fue de 9%; la referencia indica un total de 9,8%.

Por el contrario, los valores para ácido linoleico y linolénico citados por Masson y Mella (1985) son algo más altos, de 8,5 y 2,6% respectivamente, con una poliinsaturación total de 11,1% comparado con los valores de este trabajo de 6,59% para ácido linoleico y 0,12% para ácido linolénico con una poliinsaturación total más baja de sólo 6,7 %. Normalmente, cuando bajan los AGPI suben los AGMI y se mantienen los AGS, como es el caso que se comenta. La disminución de los AGPI encontrada en este trabajo, podría deberse a cambios naturales del medio ambiente, época de toma de muestra, madurez del fruto, pero además los valores de la literatura citada, son del año 1985, en que evidentemente se empleaban columnas empacadas de baja eficiencia y bajo poder de resolución. Estudios más recientes, del grupo de este mismo autor (Romero *et al.*, 2004) señalan una composición en ácidos grasos absolutamente coincidente con la informada en este trabajo.

Es necesario en esta discusión establecer una clara diferenciación entre el aceite de la semilla de avellana chilena *Gevuina avellana* Mol. y el de avellana europea *Corylus avellana*, en cuanto a la composición en ácidos grasos. Esta comparación también se hará en relación a los de otras semillas como la *Corylus colurna* e incluso de otras especies como *Macadamia ternifolia*, ya que se pueden producir confusiones al referirse genéricamente a aceite de avellana.

En la Tabla Av-4 se presenta comparativamente el promedio de la composición en ácidos grasos del aceite de avellana chilena (*Gevuina avellana*) obtenida en este estudio (AVCH1) con los datos de Aitzetmuller (2004) para este mismo (AVCH2) y los aceites de *Corylus avellana*, *Corylus colurna* y *Macadamia ternifolia* (Aitzetmuller *et al.*, 2001). En la Figura Av-7 se incluye la distribución porcentual promedio obtenida en este trabajo para los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de avellana chilena, comparados con los datos de los aceites de las otras semillas afines ya señalados.

Tabla Av-4. Comparación del contenido de ácidos grasos del aceite de avellana chilena con el de otras semillas (g AG/100 g AG)

ÁCIDOS GRASOS %		<i>Gevuina avellana</i> AVCH1	<i>Gevuina avellana</i> AVCH2	<i>Corylus avellana</i>	<i>Corylus colurna</i>	<i>Macadamia ternifolia</i>
Láurico	C12:0	-	-	-	-	0,5
Mirístico	C14:0	0,07	0,1	-	trazas	1,0
Palmitico	C16:0	2,15	1,6	4,9	5,3	8,2
Estearico	C18:0	0,73	0,5	2,2	1,5	2,8
Ecosanoico	C20:0	1,55	1,4	0,3	0,1	2,5
Docosanoico	C22:0	2,06	1,9	-	-	0,8
Tetracosanoico	C24:0	0,66	0,6	-	-	0,4
Hexacosanoico	C26:0	-	0,1	-	-	-
AGS totales		7,22	6,2	7,4	6,9	16,2
Tetradecenoico	C14:1n5	trazas	trazas	-	-	-
Palmitoleico	C16:1n7	0,28	0,1	0,2	0,4	19,9
Hexadecenoico	C16:1n5	23,01	24,2	-	-	0,3
Octadecenoico	C18:1n9t	0,24	-	-	-	-
Oleico	C18:1n9c	37,33	29,3	80,3	68,1	54,0
Octadecenoico	C18:1n7	no detect	no detect	-	1,6	3,6
Octadecenoico	C18:1n5	6,34	8,4	-	-	trazas
Eicosenoico	C20:1n9	3,18	2,4	0,2	0,1	2,7
Eicosenoico	C20:1n7	-	0,1	-	-	0,2
Eicosenoico	C20:1n5	6,56	8,5	-	-	-
Docosenoico	C22:1n9	1,74	1,3	0,1	-	0,3
Docosenoico	C22:1n7	trazas	0,1	-	-	-
Docosenoico	C22:1n5	7,27	9,8	-	-	-
Tetracosenoico	C24:1n9	-	-	-	-	-
Tetracosenoico	C24:1n5	-	0,3	-	-	-
Hexacosenoico	C26:1n9	-	-	-	-	-
Hexacosenoico	C26:1n5	-	-	-	-	-
Octacosenoico	C28:1n5	-	-	-	-	-
Total AGMI		85,94	84,5	80,6	70,2	81,0
Linoleico	C18:2n6	6,59	8,8	10,8	22,4	2,3
Linolénico	C18:3n3	0,12	0,2	0,1	0,2	0,1
Total AGPI		6,71	9,0	11,1	22,6	23,1

Avellana chilena (*Gevuina avellana*) obtenida en este trabajo (AVCH1) y datos de la literatura para este mismo aceite (AVCH2) y los aceites de *Corylus avellana*, *Corylus colurna* y *Macadamia ternifolia*

Para el aceite de *Gevuina avellana* (AVCH2) se muestra un valor del orden del 24% para el ácido hexadecenoico C16:1n5 característico de esta especie, bastante cercano al 23% (AVCH1) encontrado como promedio en este trabajo, difiriendo del aceite de *Corylus avellana* y *Corylus colurna* que no lo contienen y el de *Macadamia ternifolia* sólo presenta un 0,3%.

En cuanto al otro ácido graso monoinsaturado importante en el aceite de *Gevuina avellana* el oleico C18:1n-9 se para señala *Gevuina avellana* (AVCH2), 29,3%, valor inferior al encontrado en este trabajo (AVCH1) de un 37,3% como promedio, pero que igualmente es muy diferente del que presenta el aceite de *Corylus avellana* y *Corylus colurna* de 80,3 y 68,1%, respectivamente. *Macadamia ternifolia* presenta un contenido intermedio de ácido oleico de 54%.

En relación a los otros ácidos grasos monoinsaturados de la familia n5, C18:1, C20:1 y C22:1 también característicos del aceite de *Gevuina avellana*, los valores de 8,4; 8,5 y 9,8 % respectivamente son algo más altos a los encontrados en este trabajo que fueron de 6,3; 6,6 y 7,3 % en el mismo orden. Todos estos ácidos grasos están ausentes en el aceite de *Corylus avellana*, *Corylus colurna* y *Macadamia ternifolia*, confirmando las diferencias en composición ya comentadas (Aitzetmuller, 2004).

Es necesario en esta discusión establecer una clara diferenciación entre la composición en ácidos grasos del aceite de la semilla de avellana chilena *Gevuina avellana* Mol., de la composición del aceite de las semillas de otras especies como la avellana europea *Corylus avellana* (Eu1), *Corylus colurna* (Eu2) e incluso de otras especies como *Macadamia ternifolia*, ya que se pueden producir confusiones al referirse genéricamente a aceite de avellana, pues como se ha señalado en párrafos anteriores, la avellana chilena pertenece al género *Grevillea*, que presentan alto contenido de ácido hexadecenoico 16:1 Δ 11y otros AGMI de esta misma familia, por lo tanto, puede compararse más cercanamente con el aceite de la semilla de *Grevillea robusta*. (Aitzetmuller *et al.*, 2001, Aitzetmuller, 2004).

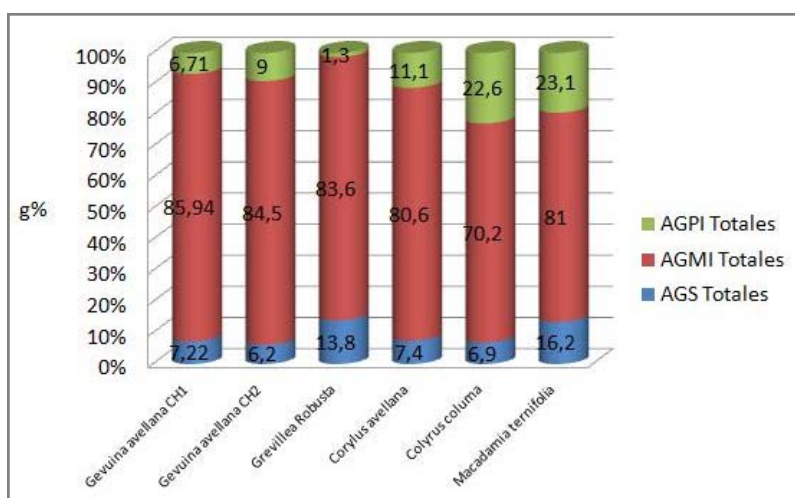


Figura Av-7. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de avellana chilena comparada con otros aceites de composición similar

La Figura Av-7 presenta el valor porcentual promedio obtenido en este trabajo para los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de avellana chilena (*Gevuina avellana*) comparados con estos aceites de composición similar, donde se observan diferencias en las distribuciones de los tres grupos, siendo el aceite de avellana chilena el que presenta el mayor porcentaje de AGMI 85,9%.

Según la Tabla Av-5 y Figura Av-9, los TG monoinsaturados son las principales especies de TG presentes en el aceite de *Gevuina avellana*, alcanzando un total de 84,7%, lo que está de acuerdo a su alta monoinsaturación, que es del 85,9% representada por varios ácidos grasos monoinsaturados y sus isómeros.

Tabla Av-5. Triglicéridos del aceite de la semilla de la avellana chilena (%)

TRIGLICERIDOS	Notación	ECN	AV-L1	AV-L2	AV-L3	AV-L4	X ± D.S.
Trilinoleína	LLL	42	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2 ± 0,1
Tripalmitoiloleína	PoPoPo	42	11,4	12,5	14,2	12,4	12,6 ± 1,2
Dipalmitoilinoleína	PoPoL	42	6,2	5,7	6,8	6,9	6,4 ± 0,6
Dipalmotoiloleína	PoPoO	44	18,4	20,0	16,6	19,9	18,7 ± 1,6
Palmitoilpalmitillinoleína	PoPL	44	1,6	1,3	1,0	1,4	1,3 ± 0,2
Dipalmitoilpalmitina	PoPoP	44	7,0	7,2	7,8	7,3	7,3 ± 0,3
Palmitoiloleillinoleína	PoOL	44	6,0	6,6	6,5	6,0	6,0 ± 0,3
Palmitoiloleilpalmitina	PoOP	46	16,4	16,2	16,6	16,0	16,3 ± 0,3
Dioleilpalmitoleína	OOPo	46	12,5	12,1	12,9	13,2	12,7 ± 0,5
Dioleillinoleína	OLO	46	3,6	3,1	3,0	3,1	3,2 ± 0,3
Oleillinoleilpalmitina	OLP	46	1,1	1,0	1,2	1,1	1,1 ± 0,1
Trioleína	OOO	48	12,4	12,8	12,0	12,2	12,4 ± 0,3
Dioleilpalmitina	OOP	48	1,8	2,0	1,6	1,8	1,8 ± 0,2

ECN = N° Equivalente de Carbonos = CN - 2DB

CN = N° total de C de la cadena, 2DB = 2 veces el N° de dobles enlaces

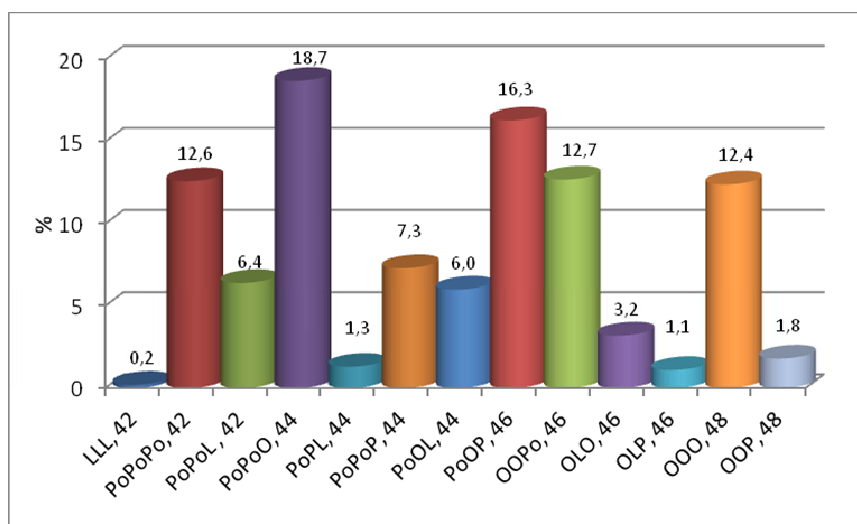


Figura Av-9. Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de avellana chilena

En la Tabla Av-6 y en la Figura Av-10, se recoge la composición de los tocoles presentes en este aceite.

Tabla Av-6. Tocolos del aceite de la semilla de la avellana chilena (mg/kg)

TOCOLES	AV-L1	AV-L2	AV-L3	AV-L4	X \pm D.S.
γ -Tocoferol	1	2	1	2	2 \pm 1
α -Tocotrienol	155	157	150	147	152 \pm 5
Total	156	159	151	149	154 \pm 5

Es importante señalar la presencia prácticamente única de α -Tocotrienol, con un promedio de 152 mg/kg, ya que el γ -Tocoferol está en cantidades mínimas de 2 mg/kg. Estos datos son coincidentes con valores anteriores generados en el laboratorio (Romero *et al.*, 2004) y comparable al dato que presentan Bertoli *et al.* (1998), de 130 mg/kg y los de Firestone (2006) de 130 mg/kg de α -Tocotrienol y 0,6 mg/kg de γ -Tocoferol.

El aceite de la semilla de avellana chilena se caracteriza por su composición en ácidos grasos altamente monoinsaturada y protegido sólo por una cantidad moderada de α -Tocotrienol (152 mg/kg), presenta una alta estabilidad al ensayo OSI a 100°C, obteniéndose un tiempo de inducción de 30 horas (Romero *et al.*, 2004).

La Figura Av-10 presenta gráficamente el contenido de tocoles de este aceite y la Figura AV-11 la comparación con los tocoles de aceites de oliva y palta o aguacate (Firestone 2006).

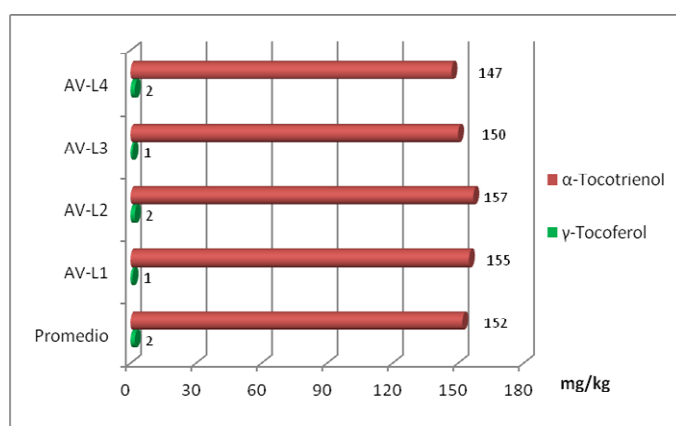


Figura Av-10. Tocolos del aceite de la semilla de avellana chilena

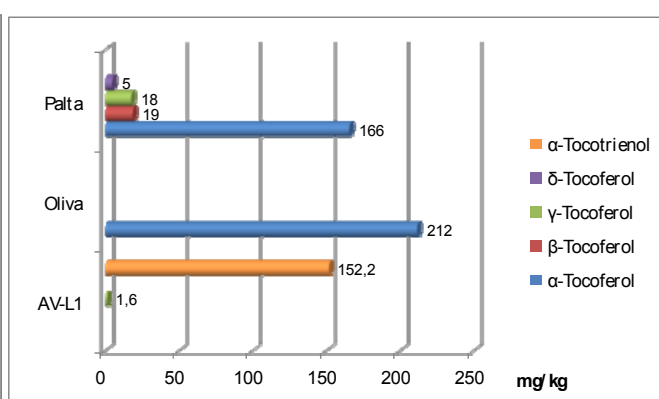


Figura Av-11. Tocolos del aceite de la semilla de avellana chilena comparados con otros aceites de composición similar

En la Tabla Av-7 se encuentra la composición en fitoesteroles de este aceite.

Tabla Av-7. Fitoesteroles del aceite de la semilla de la avellana chilena (mg/kg)

FITOESTEROLES	AV-L1	AV-L2	AV-L3	AV-L4	X ± D.S.
Campesterol	281	155	282	250	242 ± 59
Estigmasterol	42	32	38	48	40 ± 7
β-Sitosterol	2326	1413	1714	2338	1948 ± 460
Δ7-Estigmasterol	55	47	42	46	47 ± 5
Total	2704	1647	2076	2682	2277 ± 51

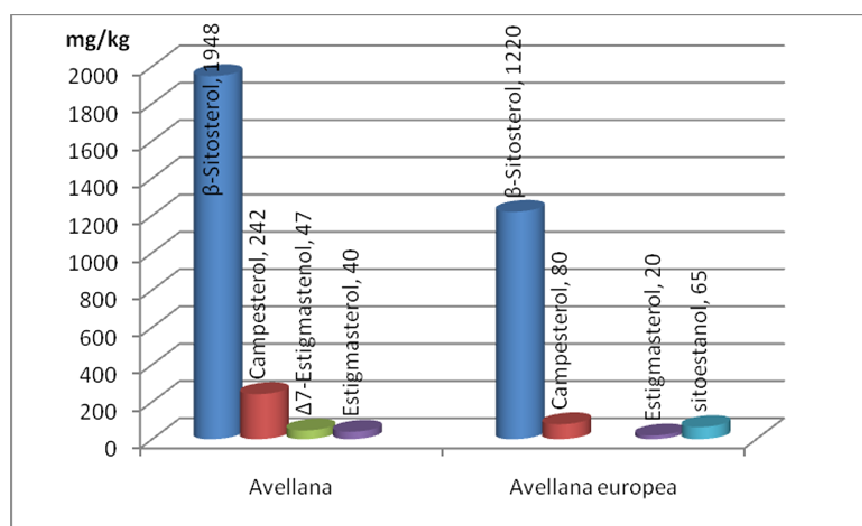


Figura Av-12. Fitoesteroles del aceite de la semilla de avellana chilena

Se observaron algunas variaciones entre los lotes para el fitoesterol mayoritario que es el β-Sitosterol que representa el 90% del total, lo que es habitual en los aceites de semilla. En general, el aceite avellana chilena tiene una interesante cantidad de fitoesteroles. La Figura Av-12 recoge gráficamente esta composición comparada con aceite de avellana europea (Firestone, 2006).

4.8.3. Conclusiones respecto a la semilla de avellana chilena y su aceite

- La semilla de avellana chilena se caracteriza por su alto contenido de grasa, 48%, y buen aporte de hidratos de carbono y proteínas con 20 y 16% respectivamente. Constituye la materia prima para la obtención de aceite crudo de avellana de apreciado valor comercial por su empleo en cosmética.
- La semilla es una excelente fuente de macronutrientes y su consumo local, como semilla tostada, principalmente en las Regiones de origen del sur de Chile, debería ser más masiva y además ampliar su empleo adicionada entera o troceada a chocolates, productos de bollería.
- Desde el punto de vista nutricional, el aceite de avellana chilena.
 - Es un aceite altamente monoinsaturado (86%). El grupo de los AGMI está compartido entre varios ácidos grasos desde el 16:1 al 22:1, siendo mayoritario el ácido oleico con 37%.
 - No es buena fuente de ácidos grasos esenciales, linoleico y linolénico, AGPI 7% y tiene un bajo contenido de AGS 7%.
 - En cuanto al contenido de componentes bioactivos, aporta el antioxidante α -tocotrienol que normalmente no está presente en la mayoría de los aceites comestibles y fitoesteroles en cantidades comparables a otros aceites vegetales.
- El aceite de avellana chilena ha tenido una aplicación comercial más bien en el campo cosmético, pues su alta monoinsaturación, le otorga la propiedad de ser muy bien aceptado por los lípidos de la piel que son preferentemente monoinsaturados. No ha tenido aplicación en el campo alimentario, salvo a través del consumo directo de avellanas tostadas.
- Su composición particular a la que concurren otros ácidos grasos monoinsaturados no habituales en aceites vegetales, lo diferencian notablemente del aceite de avellana europea que es otra especie.

4.8.4. Bibliografía sobre la semilla de avellana chilena y su aceite

Aitzetmuller, K., Matthäus, B., y Friedrich, H., 2001. The Seed Oil Fatty Acids Database (SOFA) on the Institute for Chemistry and Physics of Lipids, Münster, Germany, <http://www.bagkf.de/SOFA>.

Aitzetmuller, F. 2004. Chilean Hazelnut (*Gevuina avellana*) Seed Oil. *J. Am. Chem. Soc.* 81: 721 –723.

Bertoli, C., Fay, L. and Stancanelli, M. 1998. Characterization of Chilean hazelnut (*Gevuina avellana* Mol) seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75(8): 1037-1040.

Firestone, D. (Editor). 2006. Physical and chemical characteristics of oils, fats and waxes. AOCS Press. 2nd Edition USA.

Hoffmann, A. 1998. Flora silvestre de Chile. Zona central. Cuarta edición. Ediciones Fundación Claudio Gay. 254 p.

Masson, L. y Mella, M. 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en Ácidos Grasos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Monografía. Ed. Universitaria, Santiago, Chile.

Rodríguez, R., Matthei, O., Quezada, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción – Chile. 1983. 408 p.

Romero, N., Robert, P., Masson, L., Ortiz, J., Pavez, J., Garrido, C., Foster, M., and Dobarganes, M. 2004. Effect of α -tocopherol and α -tocotrienol on the performance of Chilean hazelnut oil (*Gevuina avellana* Mol.) at high temperature. *J.Sci.Food Agric.* 84: 943-948.

Schmidt-Hebbel, H., Pennacchiotti, I., Masson, L., Mella, M.A. 1992. Tabla de Composición de Alimentos Chilenos. IX Edición, Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

4.9. Peumo (*Cryptocarya alba* Mol. Losser)

El peumo se incluye dentro de la familia *Laureaceae*. Son sinónimos: *Peumus rubra* Mol., *Peumus mammosa* Mol., *Laurus peumo* Domb., *Laurus peumus* Mol., *Cryptocarya stenantha*, *Cryptocarya peumus* y el nombre vernáculo con que se conoce es peumo.

4.9.1. Aspectos generales del peumo

Descripción

El nombre de peumo deriva del idioma mapudungun “péwmo” nombre con que se denomina al árbol de la *Cryptocarya alba* (Mol.). Péwmo significa “del agua” de ahí la relación del árbol a quebradas de cerros o cordillera por ser éstos lugares húmedos o con bajadas de agua. Esta Familia está representada por árboles y arbustos de hojas aromáticas, repartidos en alrededor de 32 géneros y 2.500 especies. El género *Cryptocarya* agrupa del orden de 200 especies de árboles.

En Chile hay cinco especies nativas, pertenecientes a esta Familia entre ellas se tiene el Peumo, el Lingue y el Belloto.

El peumo es un árbol siempre verde, con follaje denso y oscuro, que alcanza de 15 a 20 m de altura. Su tronco es recto, pudiendo alcanzar 1 m de diámetro. Su corteza es gris marrón, bastante lisa.



Masson, 2010

Figura Pe-1. Árbol y fruto de peumo

Las ramas principales son gruesas y ascendentes (Figura Pe-1), de hojas perennes, alternas u opuestas, simples coráceas, forma aovada ancha y borde entero, pecioladas; contienen aceites esenciales que las caracteriza por un olor muy aromático al frotarse o romperse; color verde oscuro y brillante en la cara superior, verde – azuladas por la cara posterior (Hoffmann *et al.*, 1995).

Las flores son pequeñas, amarillo-verdosas, reunidas en panículas axilares, son hermafroditas, con 6 pétalos carnosos desiguales, numerosos estambres de filamentos cortos. El fruto es una baya rojo-rosada fuerte, de agradable aroma, de 1,5 cm de largo, cáscara quebradiza y de tono pardo claro al estar bien madura, contiene una semilla grande de color pardo (Figura Pe-2).



Figura Pe-2. Fruto de peumo

Distribución geográfica

El Peumo se distribuye desde la Región de Coquimbo hasta la Región de los Lagos (X Región de Chile) latitudes sur 29° 02' y 44° 04', tanto en la costa como en los contrafuertes andinos (Hoffmann *et al.*, 1992). Se encuentra en forma nativa en quebradas y valles húmedos y sombríos. No forma bosques puros, aunque a veces se encuentra en pequeñas formaciones boscosas (Rodríguez *et al.*, 1983). En Chile también se usa como árbol ornamental en plazas y jardines.

Usos

La corteza contiene taninos y el alcaloide reticulina, que está presente en otras especies de este mismo género. Las hojas contienen aceite esencial en el que se ha detectado p-cimol, alfapineno, linalol, limoneno (Hoffmann *et al.*, 1992). Todos estos compuestos pueden ser los causantes de sus propiedades astringentes y rubefacientes, relacionados con las propiedades antirreumáticas. Se emplea además para aliviar dolores articulares, musculares, enfermedades hepáticas, como antihemorrágico, para cicatrizar heridas, etc.

No hay en Chile ningún aprovechamiento integral de su fruto. En medicina popular se emplean la corteza y las hojas para enfermedades del hígado. Los baños preparados con corteza se indican para tratar el reumatismo y para lavar las heridas. Como la corteza posee taninos, estos se utilizan para curtir dando un tinte de color anaranjado. La madera como es resistente se utiliza para construcción, leña y carbón (Hoffmann *et al.*, 1992). El fruto del peumo, muy aromático, es comestible en su estado maduro. También se pueden cocer en agua o preparar una infusión para quitarle el sabor amargo (Losser, 1963).

4.9.2. Estudio analítico de la semilla de peumo y su aceite

Material de análisis

Se obtuvieron dos lotes de frutos de peumo. Cada lote estuvo constituido por aproximadamente 4 kg, que se obtuvieron en los alrededores de dos pueblos de la Región del Libertador B. O'Higgins, 34° 30' latitud sur, Chile. Un pueblo lleva el nombre de "Peumo" y el otro fue el pueblo de San Vicente de Tagua-Tagua. Los lotes se designaron Pe-L1 y Pe-L2 y la fecha de muestreo fue abril de 2005.

Obtención de las semillas

A cada lote de aproximadamente 2 kg se aplicó el procedimiento de cuarteo hasta obtener una muestra de aproximadamente 500 g de frutos por lote.

Estabilización

Los 500 g de frutos de peumo (aproximadamente 350 frutos) obtenidos a partir del procedimiento de cuarteo de cada lote y que son de color púrpura (Figura Pe-2) brillante, se estabilizaron reduciendo su humedad por secado sobre pliegos de papel de aluminio en estufa de aire forzado a 60°C. Se retiró la cutícula superficial del fruto que se tornó quebradiza y que cambió a color pardo amarillento después del secado para obtener la semilla que tiene el mismo color. La humedad residual de las semillas estabilizadas se determinó de acuerdo al método descrito en 3.2.1.1

Almacenamiento

Cada muestra de semillas estabilizadas de aproximadamente 300 g, correspondiente a cada lote, se guardó en frascos con tapa rosca y contratapa, debidamente rotuladas y se analizaron de inmediato.

Muestra de análisis

La muestra de análisis quedó constituida por el homogeneizado de los 300 g de semillas estabilizadas (aproximadamente 330 semillas), correspondientes al cuarteo de cada lote. Se empleó mortero de porcelana para las primeras fracturas y luego el molinillo Krupp de laboratorio.

Caracterización del fruto y de la semilla

De cada lote de frutos se tomaron al azar 25, $n = 50$, para determinar peso, largo y ancho promedio, calculándose para cada atributo el valor promedio \pm DS. Estos mismos frutos se descascararon a mano para obtener la semilla, determinar los mismos atributos, calculándose para cada atributo el valor promedio \pm DS.

Resultados y discusión de las características de la semilla de peumo y su aceite

La caracterización del fruto y de la semilla del peumo, su composición centesimal y las características del aceite extraído de las semillas del peumo, correspondiente a los dos lotes analizados Pe-L1 y Pe-L2, con su respectivo valor promedio, se presentan en las Tablas y Figuras siguientes:

Tablas:

- Tabla Pe-1 Caracterización del fruto y de la semilla de peumo.
- Tabla Pe-2 Composición centesimal de la semilla de peumo (g/100 g).
- Tabla Pe-3 Ácidos grasos del aceite de la semilla de peumo (g /100 g AG).
- Tabla Pe-4 Triglicéridos del aceite de la semilla de peumo (%).
- Tabla Pe-5 Tocolos del aceite de la semilla de peumo (mg/kg).
- Tabla Pe-6 Fitoesteroides del aceite de la semilla de peumo (mg/kg)

Figuras:

- Figura Pe-3 Composición centesimal de la semilla de peumo y su distribución porcentual.
- Figura Pe-4 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de peumo.
- Figura Pe-5 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de peumo.
- Figura Pe-6 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de peumo comparada con otros aceites de composición similar.
- Figura Pe-7 Ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de peumo comparados con otros aceites de composición similar.
- Figura Pe-8 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de peumo.
- Figura Pe-9 Tocolos del aceite de la semilla de peumo.
- Figura Pe-10 Fitoesteroides del aceite de la semilla de peumo.

La caracterización del fruto y la semilla del peumo (Tabla Pe-1) nos muestra el pequeño tamaño del fruto que contiene una única semilla.

Tabla Pe-1 Caracterización del fruto y de la semilla del peumo

	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	PESO (g)	Nº SEMILLAS/FRUTO
Fruto (n=50)	2,1 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,4 ± 0,4	1
Semillas (n=50)	1,7 ± 0,2	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,3	-

Al estudiar la composición centesimal de la semilla de peumo (Tabla Pe-2 y Figura Pe-3) se aprecia la baja humedad de las semillas estabilizadas (1,5% de valor medio). El contenido de hidratos de carbono disponibles superior al 55%, seguido de un 24,4% medio de fibra.

Tabla Pe-2 Composición centesimal de la semilla del peumo (g/100 g)

	Humedad	Proteínas (Nx6,25)	Grasa	Hidratos de carbono*	Fibra	Contenido mineral
Pe-L1	1,5	4,6	10	56,5	24,1	3,3
Pe-L2	1,4	5,9	9,1	55,5	24,6	3,5
X ± D.S.	1,5 ± 0,1	5,3 ± 0,9	9,6 ± 0,6	56,0 ± 0,7	24,4 ± 0,4	3,4 ± 0,1

*Hidratos Carbono = g/100 g glucosa

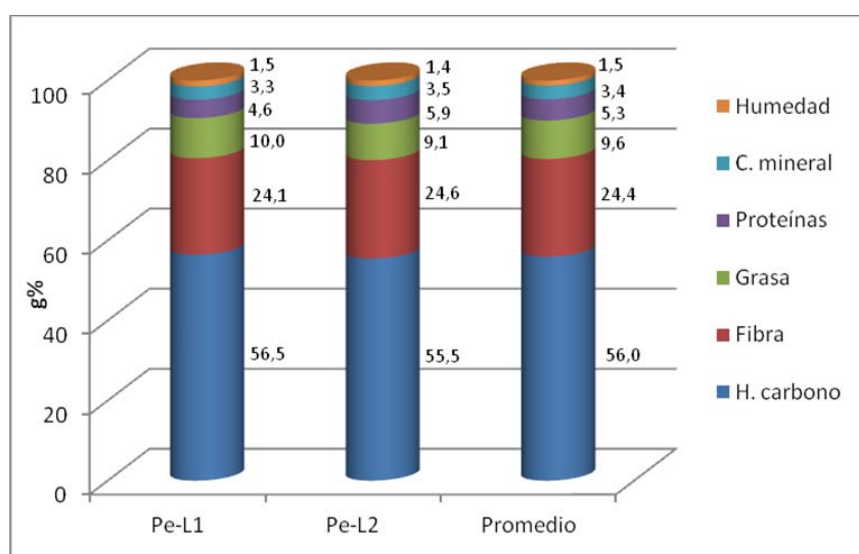


Figura Pe-3. Composición centesimal de la semilla de peumo y su distribución porcentual

El perfil de ácidos grasos se recoge en la Tabla Pe-3; la Figura Pe-4 contiene la representación gráfica de los ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B), presentes en el aceite de la semilla de peumo y la Figura Pe-5 la distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos de este aceite.

Tabla Pe-3. Ácidos grasos del aceite de la semilla de peumo (g /100g AG)

ÁCIDOS GRASOS		Pe-L1	Pe-L2	X ± D.S.
Mirístico	14:0	0,16	0,17	0,17 ± 0,01
Palmítico	16:0	17,85	17,81	17,83 ± 0,32
Heptadecanoico	17:0	0,21	0,21	0,21 ± 0,00
Estearico	18:0	3,36	3,35	3,35 ± 0,01
Ecosanoico	20:0	1,00	1,00	1,00 ± 0,00
Docosanoico	22:0	0,90	0,90	0,90 ± 0,00
Tetracosanoico	24:0	0,30	0,32	0,31 ± 0,01
AGS totales		23,78	23,76	23,77 ± 0,3
Palmitoleico	16:1n7	0,40	0,40	0,40 ± 0,00
Octadecenoico	18:1n9t	0,01	0,04	0,03 ± 0,02
Oleico	18:1n9c	21,49	21,46	21,48 ± 0,02
Octadecenoico	18:1n7	1,82	1,87	1,84 ± 0,04
Eicosenoico	20:1n9	1,05	1,04	1,04 ± 0,01
AGMI totales		24,77	24,81	24,79 ± 0,03
Octadecadienoico	18:2c,t	0,24	0,28	0,26 ± 0,03
Linoleico	18:2n6	48,96	48,74	48,85 ± 0,15
Linolénico	18:3n3	2,30	2,35	2,33 ± 0,04
AGPI totales		51,50	51,37	51,44 ± 0,30
Relaciones				
AGPI:AGMI:AGS				2:1:1
Linoleico:Linolénico				24:1
Oleico:Linoleico				0,4:1

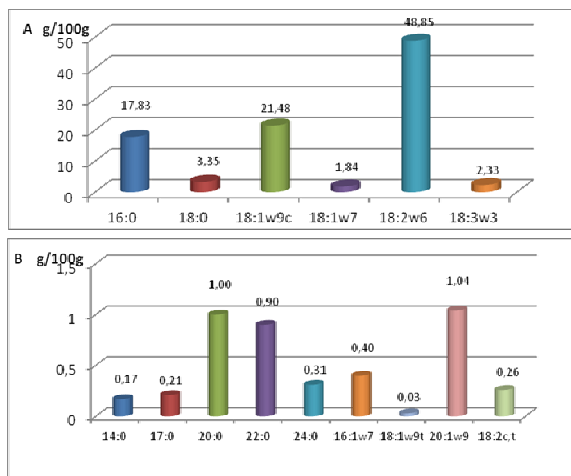


Figura Pe-4. Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de la semilla de peumo

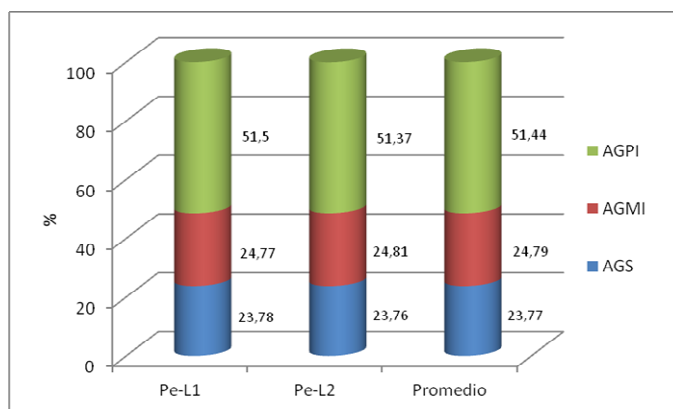


Figura Pe-5. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de peumo

La semilla de peumo corresponde por su composición en ácidos grasos a un aceite preferentemente poliinsaturado, con más de 40% de ácido linoleico ya que contiene como promedio 48,9 % de este ácido graso esencial (Masson y Mella (1985). Sin embargo puede considerarse además como un aceite equilibrado en su composición en AGS y AGMI ya que ambos grupos están en relación 1:1, lo que puede dar origen a un tipo distinto de aceite con esta característica palmítico-oleico en prácticamente iguales proporciones, lo que no es habitual en los aceites vegetales de consumo actual.

Las Figuras Pe-6 y Pe-7, ilustran la distribución promedio de los tres grupos de ácidos grasos y la composición en ácidos grasos del aceite de la semilla de peumo, comparativamente con el aceite de estas semillas de composición similar.

Del total de ácidos grasos presentes, el 23,43% corresponde a AGS siendo el ácido palmítico el mayoritario con 17,8%. Los AGMI corresponden a 24,79% siendo el ácido oleico el mayoritario, con 21,48% y el 51,27% corresponde a AGPI, siendo el mayoritario el ácido linoleico con 48,85% y 2,33% de ácido linolénico.

La distribución es comparable a la del aceite de las semillas de Hibiscus (*Hibiscus syriacus* L), publicadas por Holser y Bost (2004), que estudiaron 16 cultivares y encontraron 22,4% AGS, siendo el ácido palmítico el mayoritario; 28,6%

AGMI corresponde a ácido oleico y 48,3% AGPI que corresponde a ácido linoleico. Los miembros del género *Hibiscus* crecen en ambientes diversos alrededor del mundo. En algunos sitios se consumen algunas partes de la planta como hojas, tallos, flores. Las semillas son una fuente potencial de aceite y fitoesteroles. También hay semejanza con el aceite de las semillas de algunas Malváceas y Pavoneas. Holser y Bost (2004), señalaron un 28,4% de AGS, 21,2% de ácido oleico y 48,2% de ácido linoleico.

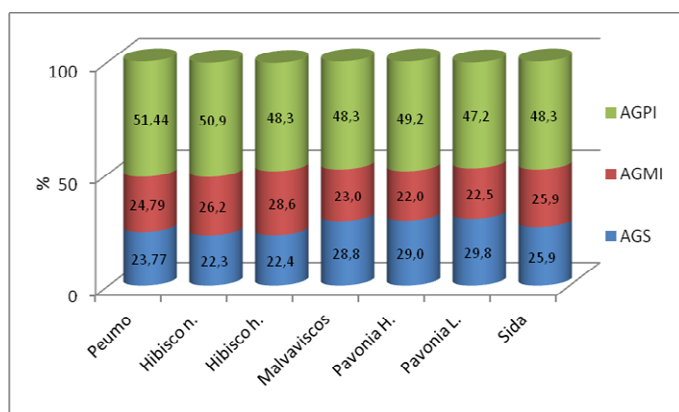


Figura Pe-6. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite de la semilla de peumo comparados con otros aceites de composición similar

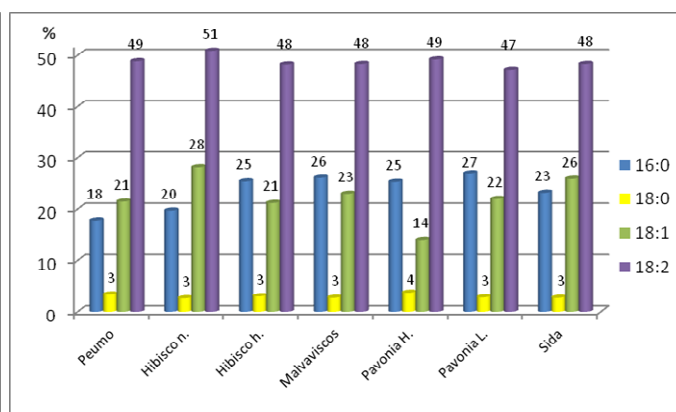


Figura Pe-7. Composición de los ácidos grasos mayoritarios del aceite de la semilla de peumo comparados con otros aceites de composición similar

Se evidencia con claridad la distribución equilibrada de los dos grupos, AGS y AGMI, y entre los ácidos grasos palmítico y oleico, así como también el contenido prácticamente el doble de ácido linoleico, siendo una buena fuente de este ácido graso esencial y contiene un pequeño porcentaje de ácido linolénico, 2,3%.

De estas Figuras comparativas (Pe-6 y Pe-7), se desprende que efectivamente el aceite de semilla de *Hibiscus* tiene una distribución de los tres grupos de ácidos grasos, bastante cercana a la que presenta el aceite de semilla de peumo y se refleja en la relación del grupo AGPI y AGMI con el grupo AGS. Los aceites de semilla de diversas Malváceas con las que también se ha comparado el aceite de semilla de peumo, tienen una distribución menos cercana por su mayor contenido de ácido palmítico 16:0 y ácido oleico 18:1; en cambio, el contenido en ácido linoleico es bastante cercano, del orden del 48 - 49%.

La Tabla Pe-4 y la Figura Pe-8 muestran las principales especies de TG (%) presentes en el aceite de semilla de peumo.

Tabla Pe-4. Triglicéridos del aceite de la semilla de peumo (%)

TRIGLICERIDOS	Notación	ECN	Pe-L1	Pe-L2	X ± D.S.
Trilinoleína	LLL	42	19,6	19,1	19,3 ± 0,3
Oleildinileína	OLL	44	18,2	16,3	17,2 ± 1,3
Palmitoildilinoeína	LLP	44	15,4	16,5	16,0 ± 0,8
Dioleilinoeína	OLO	46	18,8	20,2	19,5 ± 1,0
Estearildilinoeína+ Oleilinoilpalmitina	SLL+ OLP	46	14,0	13,5	13,8 ± 0,3
Dipalmitoilinoeína	PLP	46	2,4	2,7	2,6 ± 0,2
Trioleína	OOO	48	2,0	2,6	2,3 ± 0,4
Estearilinoiloleína+ Dioleilpalmitina	SLO+ OOP	48	6,4	6,2	6,3 ± 0,1
Esteroilinoilalmitina	SLP	48	3,2	2,9	3,0 ± 0,2

ECN = N° Equivalente de Carbono = CN - 2DB

CN = N° total de C de la cadena, 2DB = 2 veces el N° de dobles enlaces

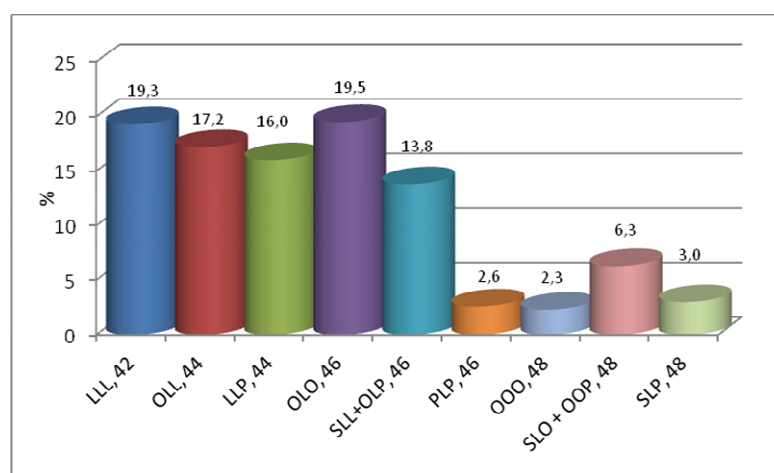


Figura Pe-8. Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de la semilla de peumo

Como se ha señalado en la presentación de la composición del aceite de esta semilla (Tabla Pe-3, Figuras Pe-6 y Figura Pe-7), son tres los ácidos grasos mayoritarios palmítico 16:0, oleico 18:1n-9 y linoleico 18:2n-6; por lo tanto, las

principales especies de TG, que son cinco, están formadas por estos tres ácidos grasos en porcentajes que pueden considerarse homogéneos entre 13,8 y 19,5%, que corresponden a ECN de 42 a 46, estas cinco especies representan el 86 % del total.

En relación a los componentes bioactivos como los tocoles, la Tabla Pe-5 y Figura Pe-9 presentan dicha composición.

Tabla Pe-5. Tocolos del aceite de la semilla de peumo (mg/kg)

TOCOLES	Pe-L1	Pe-L2	X \pm D.S.
α -Tocoferol	264	226	245 \pm 27
γ -Tocoferol	1246	1617	1431 \pm 262
δ -Tocoferol	3353	2648	3001 \pm 499
Total	4863	4491	4477 \pm 263

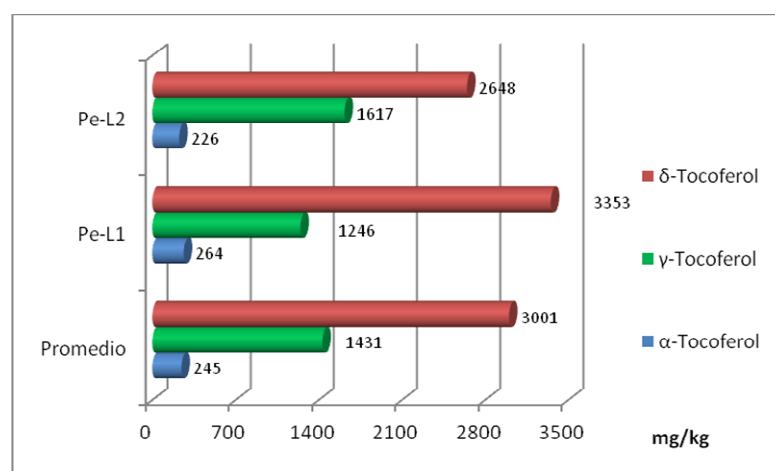


Figura Pe-9. Tocolos del aceite de la semilla de peumo

De acuerdo a los valores señalados (Tabla Pe-5 y Figura Pe-9), el aceite de semilla de peumo tiene tres tocoles que corresponden a un promedio de 4477 mg/kg total. El principal es el δ -Tocoferol que contribuye con el 64% (3001 mg/kg), seguido por el γ -Tocoferol con un 31% (1431 mg/kg) y en último término el α -Tocoferol con 5% (245 mg/kg); por lo tanto, este aceite debería estar muy protegido naturalmente frente a los fenómenos oxidativos y además representa una excelente fuente de estos

antioxidantes naturales, realizando su potencial como posible adición a otros aceites más inestables, ya que es destacable este contenido en relación a otros aceites de semillas (Firestone, 2006).

En relación al otro grupo de los componentes bioactivos, los fitoesteros, en la Tabla Pe-6 y en Figura Pe-10, se presenta su composición y distribución.

Tabla Pe-6. Fitoesteros del aceite de la semilla de peumo (mg/kg)

FITOESTEROS	Pe-L1	Pe-L2	X \pm D.S.
Campesterol	324	267	296 \pm 40
β -Sitosterol	3259	2568	2913 \pm 489
Δ 5-Avenasterol	171	201	186 \pm 21
Total	3754	3036	3395 \pm 508

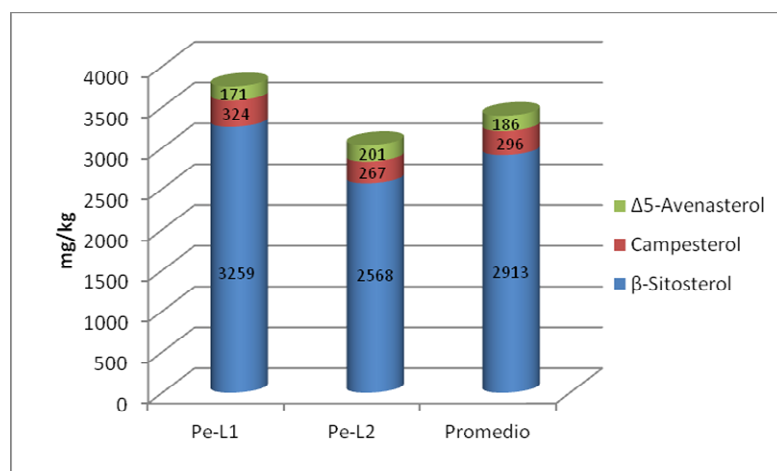


Figura Pe-10. Fitoesteros del aceite de la semilla de peumo

Como es característico de los aceites de semillas, el β -Sitosterol, con 2913 mg/kg como promedio, representa el 86% del total encontrado. En menores porcentajes están el Campesterol y Δ 5-Avenasterol con un 9 y un 5 %, respectivamente.

4.9.3. Conclusiones respecto a la semilla de peumo y su aceite

- La semilla de peumo presenta como componente mayoritario los hidratos de carbono disponibles, con 56%; le sigue la fibra con 24% y la grasa en torno a 10%, que se puede considerar como un valor medio; el aporte proteico es muy bajo, 5% y el contenido mineral de 3,4%. A pesar del contenido medio de aceite, su composición y aporte de componentes bioactivos es interesante.
- El aceite extraído de la semilla de peumo se caracteriza por:
 - Es un aceite muy especial. Primero porque su composición en ácidos grasos es muy particular, muy equilibrada entre el grupo de los AGS y AGMI que están en proporción 1:1 y los AGPI los doblan, representando el ácido linoleico, esencial, el 95% de la poliinsaturación con un promedio de prácticamente 49%.
 - Su aporte promedio de δ -Tocoferol, con 3001 mg/kg, es muy interesante, lo mismo que el del β -Sitosterol, con 2913 mg/kg como promedio, lo que coloca al aceite de semilla de peumo como una excelente fuente de componentes bioactivos.

4.9.4. Bibliografía sobre la semilla de peumo y su aceite

- Hoffmann, A., Farga, C., Lastra, J. y Veghazi, E. 1992. Plantas medicinales de uso común en Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago, Chile. 273 p.
- Hoffmann, A. 1995. Flora silvestre de Chile zona central. Tercera edición. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago, Chile. 255 p.
- Holser, R.A., and Bost, G., 2004. Hybrid *Hibiscus* Seed Oil Compositions. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 81: 795 – 797.
- Looser, G., 1963. Sobre el nombre científico del Peumo. *Criptocarya alba* o *Mamosa*. Universidad Católica de Chile 48, 23-29.
- Masson, L. y Mella, M. 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile.
- Rodríguez, R., Matthei, O. y Quezada, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción – Chile. 408 p.

4.10. Palma chilena (*Jubaea chilensis* (Molina) Baillon)

La palma chilena pertenece a la familia *Arecaceae*. Sus sinónimos son: *Jubaea spectabilis*, *Molinaea micrococcos*, *Micrococcos chilensis*. Los nombres vernáculos: palma, palmera de coquitos, palma de coquitos, palmera, lilla, can-cán, cau-cau, gilla, lilla.

4.10.1. Aspectos generales del “coquito de palma”

Descripción

La palma chilena (*Jubaea chilensis* (Molina) Baillon) es, junto a la araucaria (*Araucaria araucana* (Molina) K. Koch), el alerce (*Fitzroya cupressoides* (Molina) I.M.Johnst) y la palma chonta (*Juania australis*) de la Isla de Juan Fernández, una de las especies nativas de Chile más bellas.

Es la única representante del género *jubaea* y al mismo tiempo la que crece más austral en el mundo. Llamada **can-cán** o **cau-cau** por los indígenas y más tarde palma tejera, actualmente se ha impuesto a todos estos nombres, el de palma chilena. Esta hermosa especie da señorío a los lugares donde crece, por su bella estampa, notoriedad y robustez de tronco y por el profundo color verde de sus ramas (Figura Pa-1).



Masson, 2008

Figura Pa-1. Palma chilena

La palmera es un árbol de hasta 30 m de alto. El tronco tiene de 0,8 – 1,1 m de diámetro, es recto, columniforme, cilíndrico, desnudo, más angosto hacia la parte superior; la corteza cenicienta, delgada, dura, cubierta de cicatrices foliares rómbicas. Sus numerosas hojas son perennes y están agrupadas en el extremo del tronco; tienen de 2 – 4 m de largo y 50 – 60 cm de ancho, verde-oscuras a amarillentas, pinado compuestas; pinas alternas, de 110 – 120 por lado, de longitud variable,

coriáceas, sésiles, márgenes plegados hacia la base; raquis triangular, leñoso-flexible; pecíolo corto, con filamentos pilosos, tiesos, que no son realmente espinas; vaina ensanchada, fibrosa.

El proceso de floración se inicia en los meses de junio-julio con el nacimiento de pequeñas panojas o espigas axilares, las cuales se desprenden de la envoltura que la adhieren a la axila de la hoja a fines de agosto. En octubre aparece la espata o bolsa que encierra el racimo y está constituida por una fibrosa, membranosa, caduca y otra leñosa, de 1,2 m de largo en forma de canoa. A fines de noviembre se abre, liberando el racimo con las flores desarrolladas. Inicialmente el racimo es de color café oscuro, señal de que los frutos han cuajado, luego el color es verde, que bruscamente pasa al amarillo, indicando, a fines de mayo, que están maduros.

El fruto, es una drupa ovoide, de 4 cm de largo, de color amarillo cuando madura, con el perigonio persistente de color pardo, que envuelve un carozo leñoso semi-esférico, que debe retirarse por fractura y en cuyo interior se localiza la semilla comestible o “**coquito de palma**”.

Presenta tres poros germinativos elípticos o circulares, ubicados hacia la parte inferior con suturas carpelares notorias (Rodríguez, 1983). El coquito de palma está a su vez recubierto por una cutícula muy delgada de color pardo. El coquito es duro y se rompe también por fractura y en su interior se aprecia la carne blanca con típico aroma a coco (Figura Pa-2 y Figura Pa-3).

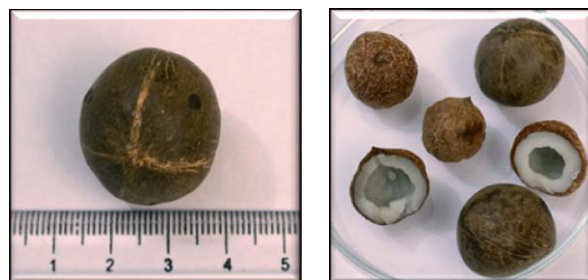


Figura Pa-2. Frutos y coquito de palma chilena

Distribución geográfica

Se trata de una especie endémica de Chile y su hábitat natural es la Cordillera de la Costa, creciendo entre los 500 a 2000 m de altura; su límite natural se extiende desde el sur del río Limarí, Región de Coquimbo, 32° 02' latitud sur hasta Curicó, Región del Maule, 36° 33' latitud sur. Actualmente su área de distribución está

reducida a ejemplares dispersos en los valles y quebradas de esa zona geográfica y a los Palmares de Ocoa, Región de Valparaíso y Cocalán, Región del L.B. O'Higgins, 33° 03' y 34° 10' latitud sur respectivamente, que son los sectores donde se concentra mayoritariamente esta especie y de donde proceden las muestras analizadas. Es una de las palmas más australes del mundo.

Usos

Habitualmente constituye una planta ornamental en jardines y parques. Tradicionalmente se utiliza en pequeña escala para extraer su savia, denominada “miel de palma”, que se obtiene por incisiones en el tronco y se comercializa en el país para uso en repostería. Los carozos se venden en los supermercados y tiendas de productos naturales. Los coquitos de palma, que corresponden a la semilla interior, son comestibles y se expenden localmente en la Región de Valparaíso como tales o con cobertura de azúcar. Con las hojas se elaboran cestas artesanales; la fibra se denomina crin vegetal, y tiene también algunas aplicaciones de carácter artesanal. Antiguamente se usaron las fibras del tronco en la fabricación de papel y cartón (Rodríguez *et al.*, 1983).

4.10.2. Estudio analítico de la semilla de “coquito de palma” y su grasa

Material de análisis

Se obtuvieron cuatro lotes de carozos de palma chilena. Cada lote estuvo constituido por alrededor de 10 kg, dos lotes provenientes del Valle de Ocoa, Región de Valparaíso y dos del Valle de Cocalán Región del Libertador B. O'Higgins, 33° 03' y 34° 09' latitud sur, respectivamente, Chile. Los lotes se designaron Pa-L1, Pa-L2, Pa-L3 y Pa-L4 y la fecha de muestreo fue abril 2004.

Obtención de las semillas

A cada lote de 10 kg se aplicó procedimiento de cuarteo hasta obtener una muestra de aproximadamente 600 g de carozos. Se retiró por fractura la cubierta

leñosa de cada carozo y se separó el “coquito de palma” (uno por carozo), denominación que se usará a continuación en este trabajo.

Los “coquitos de palma” obtenidos, del orden de 100, con un peso aproximado de 250 g, se estabilizaron reduciendo su humedad por secado sobre pliegos de papel de aluminio en estufa de aire forzado a 60°C. La humedad residual se determinó de acuerdo al método descrito en 3.2.1.1



Figura Pa-3. Imágenes del carozo y “coquito de palma” chilena

En la Figura Pa-3, se observan los tres constituyentes del “coquito de palma” que es comestible:

- El coquito entero, que tiene una cobertura leñosa que cubre la semilla.
- El “coquito” partido por la mitad, donde se observa la semilla con la cubierta leñosa que lo rodea y una fina cubierta de color pardo oscuro que protege la semilla.
- La semilla o “coquito de palma”, separada completamente de su envoltura leñosa y a continuación una mitad donde se observa la carne blanca rodeada por la delgada película de color pardo oscuro, en su interior no se encuentra ningún líquido.

Almacenamiento

Cada muestra se guardó en frascos con tapa de rosca y contratapa, debidamente rotuladas y se analizaron de inmediato.

Muestra de análisis

La muestra de análisis quedó constituida por el homogeneizado total de los aproximadamente 100 “coquitos de palma”, estabilizados, con un peso total del orden de 260 g cada una. Se empleó mortero de porcelana para las primeras fracturas y luego el molinillo Krupp de laboratorio.

Caracterización del carozo y del “coquito de palma”

De cada lote de carozos se pesaron al azar 30 unidades, $n = 120$, para determinar peso, largo y ancho promedio; se fracturaron manualmente para retirar el “coquito de palma” y efectuar las mismas mediciones. Se calcularon tanto para el carozo como para el “coquito de palma” los atributos señalados, informándose el promedio para cada uno \pm la DS.

Resultados y discusión de las características del “coquito de palma” y su aceite

Los resultados de la caracterización del carozo y del “coquito de la palma”, de su composición centesimal y de las características químicas del aceite extraído, correspondientes a los cuatro lotes analizados Pa-L1, Pa-L2, Pa-L3 y Pa-L4, con su respectivo valor promedio \pm DS, se presentan en las Tablas y Figuras siguientes:

Tablas:

- Tabla Pa-1 Caracterización de carozo y de “coquito de palma”.
- Tabla Pa-2 Composición centesimal de “coquito de palma” (g/100 g).
- Tabla Pa-3 Ácidos grasos del aceite de “coquito de palma” (g /100 g AG).
- Tabla Pa-4 Triglicéridos del aceite de “coquito de palma” (%).
- Tabla Pa-5 Tocolos del aceite de “coquito de palma” (mg/kg).
- Tabla Pa-6 Fitoesteroides del aceite de “coquito de palma” (mg/kg).

Figuras:

- Figura Pa-4 Composición centesimal de “coquito de palma” y su distribución porcentual.
- Figura Pa-5 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) de aceite de “coquito de palma”.
- Figura Pa-6 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos de aceite de “coquito de palma”.
- Figura Pa-7 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos de aceite de “coquito de palma” comparada con otros aceites de composición similar.

- Figura Pa-8 Ácidos grasos mayoritarios de aceite del “coquito de palma” comparado con otros aceites de composición similar.
- Figura Pa-9 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite de “coquito de palma”.
- Figura Pa-10 Tocolos de aceite de “coquito de palma”.
- Figura Pa-11 Fitoesteroides de aceite de “coquito de palma”.

Según podemos ver en la Tabla Pa-1 que el “coquito de palma” representa un 46% del carozo, su largo y ancho es algo inferior al carozo que lo contiene, pero prácticamente igual y confirma su forma esférica.

Tabla Pa-1. Caracterización del carozo y del “coquito de palma”

	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	PESO (g)
Carozo (n=30)	2,5 ± 0,3	2,2 ± 0,2	5,7 ± 0,6
“Coquito de palma” (n=30)	1,9 ± 0,1	2,0 ± 0,2	2,6 ± 0,4

En la Tabla Pa-2 y en la Figura Pa-4 se presenta la composición del “coquito de palma”. Se aprecia una humedad baja cercana al 3 – 3,5%

Tabla Pa-2. Composición centesimal de “coquito de palma” (g/100 g)

	Humedad	Proteínas (Nx6,25)	Grasa	Hidratos de carbono*	Fibra	Contenido mineral
Pa-L1	3,5	6,3	70,3	8,7	10,2	1,0
Pa-L2	3,5	7,2	66,8	10,1	11,2	1,2
Pa-L3	3,6	7,1	66,0	10,3	11,9	1,1
Pa-L4	3,3	7, 4	66,1	9,0,	13,0	1,2
X ± D.S.	3,5 ± 0,1	7,0 ± 0,5	67,3 ± 2,0	9,5 ± 0,8	11,6 ± 1,2	1,1 ± 0,1

*Hidratos carbono = g/100g de glucosa

Los resultados de los cuatro lotes provenientes de dos regiones del país, indican que el componente mayoritario del coquito de palma es la materia grasa, con un promedio de 67,3 g/100 g, lo que lo convierte en una excelente fuente para extraer su aceite. La proteína, los hidratos de carbono y la fibra están en porcentajes entre 7 y 11%; el contenido mineral fue de 1,1 g/100 g.

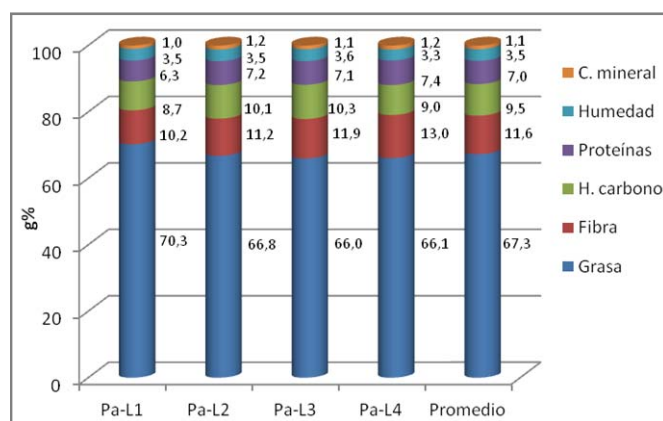


Figura Pa-4. Composición centesimal del “coquito de palma” y su distribución porcentual

Al hablar de la grasa del “coquito de palma” nos referimos a ella como aceite, pero hemos de comentar que su estado físico más o menos fluido dependerá de la temperatura ambiente y con frecuencia la podemos encontrar semisólida, por lo que se trataría de una manteca vegetal. Esto se debe a las características de composición en ácidos grasos, lo que tratamos más adelante.

De acuerdo a la bibliografía el contenido de materia grasa obtenido es alto; así, Atchley (1984) indica un 77,3%, para esta semilla. Comparado con *Cocus nucifera*, éste presenta 50% de humedad y su contenido graso es de 34%; el de proteínas de 3,5%, el de carbohidratos de 7,3%, la fibra de 3% y las cenizas de 2,2% (Pantzaris, 2007). En la Figura Pa-4 se muestra la distribución porcentual de la composición proximal de “coquito de palma”.

En la Tabla Pa-3, se incluyen los resultados obtenidos en relación a la composición en ácidos grasos.

La materia grasa del “coquito de palma” de la especie (*Jubaea chilensis*,) es altamente saturada, del orden del 85%, con presencia importante de AGS de cadena corta, mediana y larga entre 6:0, ácido caproico y 20:0, ácido aráquico o eicosanoico. El mayoritario en este aceite es el 12:0 ácido láurico, con un promedio de 42,8%, lo que representa el 50% de los AGS totales; por lo tanto, esta materia grasa se puede clasificar como altamente saturada (84,8%) de tipo láurica.

Tabla Pa-3. Ácidos grasos de aceite de “coquito de palma” (g AG/100 g AG)

ÁCIDOS GRASOS		Pa-L1	Pa-L2	Pa-L3	Pa-L4	X D.S.
Caproico	6:0	0,53	0,66	0,53	0,55	0,57 ± 0,06
Caprílico	8:0	11,48	13,59	13,12	13,79	13,00 ± 1,05
Cáprico	10:0	13,15	14,36	15,77	16,35	14,91 ± 1,50
Láurico	12:0	42,64	43,08	42,78	42,79	42,82 ± 0,20
Mirístico	14:0	8,29	7,73	6,79	6,56	7,34 ± 0,81
Palmítico	16:0	4,57	4,05	3,76	3,55	3,98 ± 0,44
Estearico	18:0	2,25	1,92	2,21	2,08	2,12 ± 0,15
Eicosanoico	20:0	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04 ± 0,01
AGS totales		83,00	85,42	84,99	85,70	84,78 ± 1,22
Octenoico	8:1n7	0,09	0,10	0,06	0,06	0,08 ± 0,02
Decenoico	10:1 9c	0,09	0,09	0,03	0,06	0,07 ± 0,03
Dodecenoico	12:1 9c	0,28	0,25	0,07	0,07	0,17 ± 0,11
Tetradecenoico	14:1 9c	0,05	0,05	trazas	trazas	0,03 ± 0,03
Palmitoleico	16:1n7	0,06	0,03	trazas	trazas	0,02 ± 0,03
Octadecenoico	18:1n9t	0,04	0,10	0,09	0,21	0,11 ± 0,07
Oleico	18:1n9	13,57	11,64	12,08	11,32	12,15 ± 1,00
Octadecenoico	18:1n7	0,21	0,14	0,13	0,31	0,20 ± 0,07
AGMI totales		14,40	12,40	12,46	12,03	12,82 ± 1,00
Octadecadienoico	18:2c,t	0,05	0,07	0,11	0,05	0,07 ± 0,03
Linoleico	18:2n6	2,39	2,04	2,14	2,04	2,15 ± 0,2
Linolénico	18:3n3	0,08	0,10	0,05	0,04	0,07 ± 0,03
AGPI totales		2,52	2,21	2,30	2,13	2,29 ± 0,17
Relaciones						
AGPI:AGMI:AGS						0,03:0,15:1,00
Linoleico : Linolénico						31:1
Oleico: Linoleico						6:1

Dentro del grupo de los AGS, sigue en importancia el 10:0 ácido cáprico con un promedio de 15%, el 8:0 caprílico con un promedio del 13% y el 14:0 mirístico con un promedio del 7%, que representan el 18, el 15 y el 9% respectivamente de los AGS. Estos cuatro ácidos grasos representan el 92% de las AGS. Los otros ácidos grasos saturados están en porcentajes inferiores.

Los AGM alcanzan un 12,8% siendo el mayoritario el ácido oleico que representa el 95% de los AGMI totales, con 12%. Los AGPI constituyen el grupo minoritario con un 2,29%, donde el ácido linoleico 18:2n-6, con 2,15% representa el 94% de estos AGPI. Es evidente que la relación entre los grupos está muy desbalanceada AGPI:AGMI:AGS = 0,03:0,15:1,00.

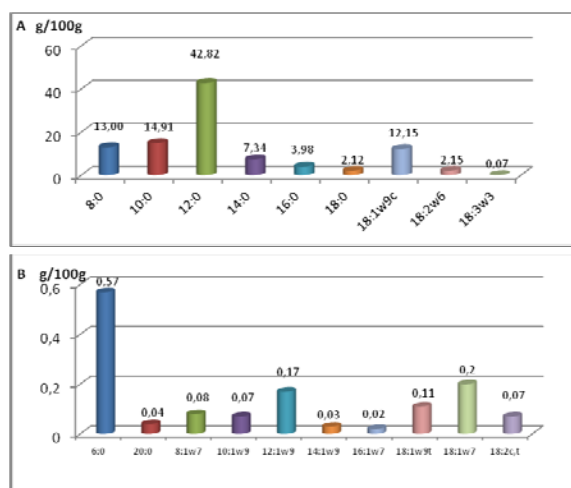


Figura Pa-5 Ácidos grasos mayoritarios (A) y minoritarios (B) del aceite de “coquito de palma”

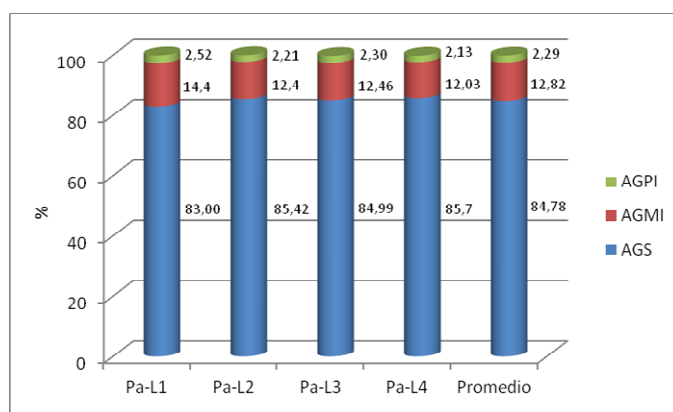


Figura Pa-6. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del “coquito de palma”

Las Figuras Pa-5 y Pa-6, muestran gráficamente el gran predominio de los ácidos grasos saturados principalmente de cadena corta del aceite de “coquito de palma”, comparado con el grupo de los AGMI, donde se observa la presencia mayoritaria del ácido oleico, siendo mínima la contribución de los AGPI.

Vamos a comentar a continuación el interés de la grasa extraída del “coquito de palma” (Figura Pa-7 y Figura Pa-8) al comparala con otros aceites. Según Masson y Mella (1985), esta materia grasa de origen vegetal corresponde al grupo de las materias grasas preferentemente saturadas como manteca de coco (*Cocus nucifera*), aceite de palmiste obtenido de la nuez o carozo del fruto de la palma (*Elaeis guineensis*), aceite de palma de Brasil conocido como babassú (*Attalea speciosa*

Martius), coco paraguay (*Acrocomia totay Martius*), manteca de cacao (*Theobroma cacao*), aceite de palma (obtenidos del fruto) (*Elaeis guineensis*) cuyos porcentajes de AGS son del orden de: 91; 89, 72, 69; 63; 49%, respectivamente.

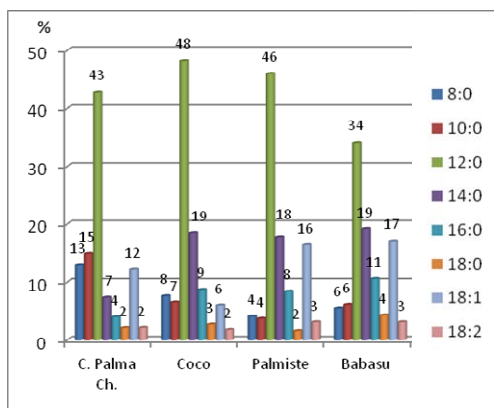


Figura Pa-7. Comparación de la composición de los ácidos grasos mayoritarios del aceite del “coquito de palma” con otros aceites de composición similar

Dentro de este grupo, el aceite de “coquito de palma” pertenece a las llamadas comercialmente a nivel mundial grasas láuricas; de ellas, dos grasas láuricas son las más conocidas por sus interesantes aplicaciones tecnológicas: coco y palmiste, y el aceite de “coquito de palma” de *Jubaea chilensis*, se sitúa entre entre estas dos grasas, con 85% de AGS y cercano a babassú (Masson y Mella, 1985; Firestone 2006).

Su contenido de ácido láurico es del orden de 43% cercano a estos tres aceites, que presentan contenidos entre 40 y 55% de este ácido graso. El aceite de coco paraguay, tiene valores más bajos de ácido láurico, del orden de 34%. En relación al contenido de ácido cáprico 10:0, el segundo en importancia, la composición del aceite de “coquito de palma”, con un 15%, lo diferencia notablemente del aceite de coco, palmiste y babassú, ya que ellos presentan para este ácido graso rangos más bajos, con un máximo del orden del 7%, o sea 50% menos.

En cuanto a la presencia de ácido caprílico 8:0, el aceite de “coquito de palma” presenta del orden del 13%; igualmente este valor es superior al de los otros aceites láuricos señalados, que lo contienen hasta un máximo entre 7 y 9%. Por el contrario, el ácido mirístico 14:0, presente en el aceite de “coquito de palma” en un 7% es francamente minoritario en comparación a estos mismos tres aceites que lo contienen en rangos más altos que pueden estar entre 11 y 27 %.

En los cuatro aceites que comentamos, el principal ácido graso monoinsaturado es el oleico 18:1n-9, siendo el contenido en el aceite de “coquito de palma” de 12%, que está dentro de los rangos que presentan el de palmiste y babassú, ya que en el de coco es inferior, del orden del 7%. En relación al grupo de AGPI, estos cuatro

aceites presentan muy bajos contenidos, cuyo porcentaje promedio es del orden del 2%, siendo el ácido linoleico 18:2n-6 prácticamente el único presente.

La Figura Pa-8 contiene la comparación de la distribución porcentual promedio de los tres grupos de ácidos grasos de aceite de “coquito de palma” con las materias grasas láuricas ya señaladas (Gunstone, 2002; Firestone 2006).

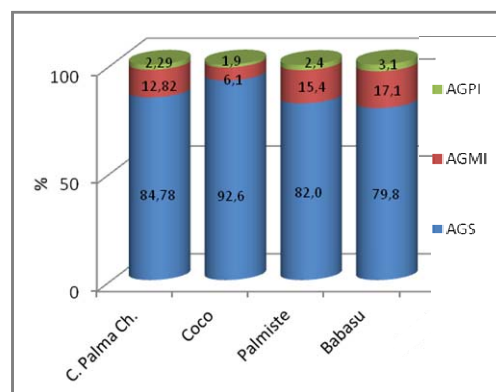


Figura Pa-8 Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos del aceite del “coquito de palma” comparada con otros aceites de composición similar

De la discusión de los datos se concluye que el aceite de “coquito de palma” de *Jubaea chilensis*, tiene una composición en AGS particular que la diferencia de las otras mantecas vegetales saturadas, con las que se ha comparado en este trabajo. Puede tener aplicaciones tecnológicas muy especiales, como cobertura de helados u otros productos alimenticios, que requieran una cobertura dura, elaboración de rellenos de galletas, sustituto de manteca de cacao, sustituto de la grasa láctea en helados, etc. Sobre todo, en este momento en que se recomienda reducir la presencia de ácidos grasos *trans* en las materias grasas, producidos por procesos industriales y que todavía se incorporan en algunos alimentos elaborados. No obstante existe la limitación de su uso por personas con problemas cardiovasculares.

En la Tabla Pa-4 y en la Figura Pa-9 se presentan las especies de TG más probables para cada ECN, teniendo en cuenta además, el porcentaje del respectivo ácido graso en este aceite, ya que tampoco hay disponibles patrones comerciales de TG correspondientes a esta gran diversidad de TG posibles. Esta complejidad se refleja en la Tabla Pa-5 en que para un mismo ECN, sobre todo entre 38 y 42, pueden formarse varias especies (Masson *et al.*, 2008). En la Figura Pa-9 se ha representado gráficamente el porcentaje de las especies en cuanto a su ECN, sumándose el porcentaje correspondiente a igual ECN.

Tabla Pa-4. Triglicéridos del aceite de coquito de palma chilena (%)

TRIGLICERIDOS	Notación	ECN	Pa-L1	Pa-L2	Pa-L3	Pa-L4	X ± D.S.
Tricaprilina	CaCaCa	24	2,3	2,9	2,5	2,3	2,5 ± 0,3
Dicaprililcaproína	CaCaCp	26	9,9	9,5	10,0	9,8	9,8 ± 0,2
Dicaprililaurina+ Dicaproilcaprilina	CaCaLa+CpC pCa	28	18,6	17,1	18,0	17,4	17,8 ± 0,7
Dicaprililmiristina+ Caprililcaproilaurina+ Tricaproína	CaCaM+ CaCpLa+CpC pCp	30	27,0	26,9	25,3	26,7	26,5 ± 0,8
Dilaurilcaprilina+ Caprililcaproilmiristina+Di caproilaurina	LaLaCa+ CaCpM+ CpCpLa	32	19,8	18,9	20,0	19,8	19,6 ± 0,5
Dilaurilcaprenina+ Caprililcaproiloleína	LaLaCp+ CaCpO	34	1,9	1,9	1,2	1,8	1,7 ± 0,3
Dicaproilmiristina+ Dicaproilinooleína	CpCpM+ CpCpL	34	2,4	3,2	3,2	3,4	3,0 ± 0,4
Trilaurina	LaLaLa	36	1,3	1,6	1,7	1,5	1,5 ± 0,2
Caprililaurilpalmitina+ Dicaproiloleína+ Caproilaurilmiristina	CaLaP+ CpCpO+ CpLaM	36	3,6	4,3	4,6	3,6	4,0 ± 0,5
Caproilaurilestearina+ Dicaprenilestearina+ Caprenilauriloleína	CaLaS+ CpCpS+ CpLaO	38	2,7	2,5	2,1	3,0	2,6 ± 0,4
Dilaurilmiristina+ Dilaurilinooleína	LaLaM+ LaLaL	38	2,0	2,6	2,2	2,3	2,3 ± 0,2
Dioleilcaprilina+ Caprenilmiristiloleína+ Caprenilauriloleína	OOCa+ CpMO+ CpLO	40	2,1	1,9	2,6	2,0	2,2 ± 0,3
Dilaurilpalmitina+ Dilauriloleína	LaLaP+ LaLaO	40	1,3	1,4	1,6	1,4	1,4 ± 0,1
Dilaurilestearina+ Laurilmiristilpalmitina+ Laurilinoileiloleína	LaLaS+ LaMP+ LaLO	42	2,7	2,9	2,5	2,7	2,7 ± 0,2
Laurilpalmitiloleína+ Laurildioleína	LaPO+ LaOO	44	1,3	1,6	1,5	1,4	1,4 ± 0,1
Lauriloleilestearina+ Miristilpalmitiloleína	LaOS+ MPO	46	1,2	0,9	1,0	1,1	1,0 ± 0,1

Ca: C8:0=caprílico M: C12:0=mirístico P: C16:0=palmitico O: C18:1= Oleico
Cp: C10:0=cáprico La: C14:0=láurico S: C18:0=esteárico L: C18:2= Linoleico
ECN = N° Equivalente de Carbonos = CN - 2DB
CN = N° total de C de la cadena, 2DB = 2 veces el N° de dobles enlaces

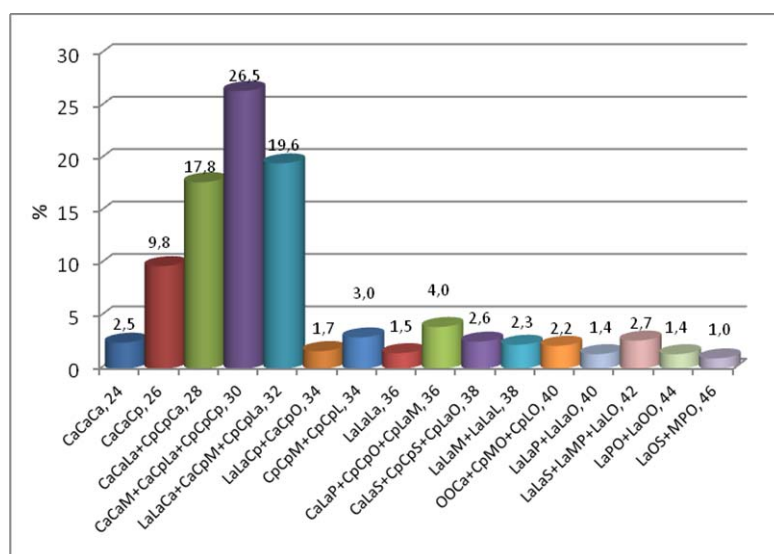


Figura Pa-9 Distribución porcentual de los triglicéridos del aceite del "coquito de palma"

La distribución de los triglicéridos, tiende a ser preferentemente saturada. Un 73% de los triglicéridos están compuestos principalmente por los ácidos grasos, en este orden, cáprico, caprílico, laúrico y mirístico que son los mayoritarios.

En la Tabla Pa-5 se encuentra la composición de los tocoles presentes en el aceite de "coquito de palma" y en la Figura Pa-10 se representa el gráfico correspondiente a la distribución obtenida.

Tabla Pa-5 Tocolos del aceite de "coquito de palma" (mg/kg)

TOCOLES	Pa-L1	Pa-L2	Pa-L3	Pa-L4	X ± D.S.
α-Tocoferol	34	41	38	40	38 ± 3
β-Tocoferol	3	3	5	4	4 ± 1
γ-Tocoferol	25	28	29	26	27 ± 2
δ-Tocoferol	12	18	16	15	15 ± 3
Total	74	90	88	85	84,3 ± 7,1

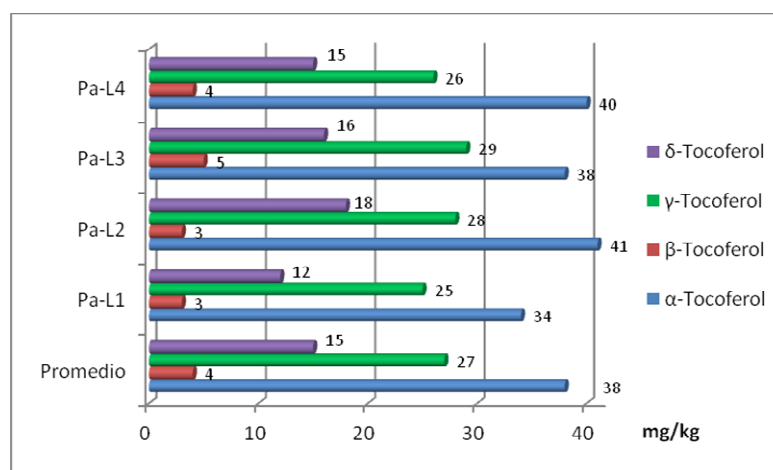


Figura Pa-10. Tocolos del aceite del “coquito de palma”

El aceite de “coquito de palma” no constituye una buena fuente en tocoles, según los valores encontrados. Su distribución se centra especialmente en α -Tocoferol, γ -Tocoferol y δ -Tocoferol, con un valor promedio total de 84,3 mg/kg. No se encontraron tocotrienoles. Esta escasa presencia de tocoles es habitual en materias grasas vegetales altamente saturadas, como la de *Cocus nucifera*, cuyo rango para tocoles está entre 0-44 mg/kg, con un promedio de 36; babassú entre 67-128 mg/kg; manteca de cacao entre 25-220, con un promedio de 200 mg/kg; grasa de palmiste con un total de 34 mg/kg. Normalmente presentan alta estabilidad oxidativa por esta razón y son más bien susceptibles a deterioro hidrolítico, por la presencia de cadenas cortas. Una excepción es el aceite de palma que presenta un importante contenido de tocoles, 1172 mg/kg como promedio, destacando su alto contenido de tocotrienoles (Gunstone, 2002; Shahidi, 1997).

El estudio de los fitoesteros se recoge en la Tabla Pa-6 y en la Figura Pa-11. Se encontraron los cinco fitoesteros característicos que están presentes mayoritariamente en los aceites vegetales.

Tabla Pa-6 Fitoesteroides del aceite de la semilla de la palma chilena (mg/kg)

FITOESTEROIDES	Pa-L1	Pa-L2	Pa-L3	Pa-L4	X ± D.S.
Campesterol	83	82	89	76	82 ± 5
Estigmasterol	36	34	35	38	36 ± 2
β-Sitosterol	440	531	485	463	480 ± 39
Δ5-Avenasterol	83	69	76	99	82 ± 13
Δ7-Estigmastenol	331	298	315	356	325 ± 25
Total	973	1014	1000	1032	1005 ± 25

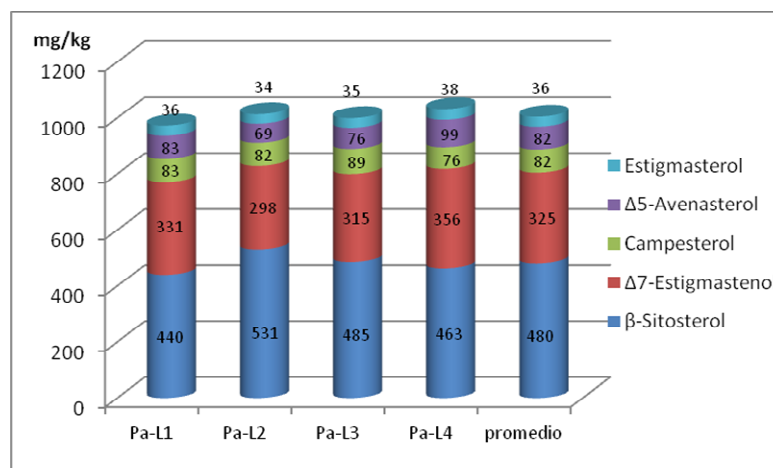


Figura Pa-11. Fitoesteroides del aceite de “coquito de palma”

El β-Sitosterol, que normalmente es el más abundante entre los fitoesteroides presentes en los aceites vegetales, se encontró en una cantidad promedio de 480 mg/kg, que representa el 48% del total, lo cual concuerda con los datos de literatura que dan valores entre 40 y 90% para este fitoesterol (*Codex Alimentarius*, 2005). Le sigue el Δ7-Estigmastenol, con 325 mg/kg, que representa el 32% del total. Los dos representan el 80% del total de los fitoesteroides encontrados; el 20% restante está distribuido entre campesterol y estigmastenol con 8% cada uno y Δ5-Avenasterol, con el 4%.

La literatura (Gunstone 2002; *Codex Alimentarius*, 2005) señala para aceite de *Cocus nucifera* un contenido total de fitoesteroides entre 470 y 1139 mg/kg; para grasa

de palmiste entre 792 y 1406 mg/kg de fitoesteroles y para babassú entre 570 y 766 mg/kg. El valor promedio encontrado en este trabajo para el aceite de “coquito de palma”, está dentro de estos valores. En general, se puede decir que el contenido de fitoesteroles es comparable entre estas materias grasas saturadas con sus particularidades propias, que le otorgan a cada aceite una composición algo diferente, que es muy útil al momento de detectar aceites genuinos de mezclas con aceites de composición en ácidos grasos parecida.

4.10.3. Conclusiones respecto al “coquito de palma” y su grasa

- La palmera más austral del mundo (*Jubaea chilensis*) produce un “coquito” pequeño, con más del 60% de grasa altamente saturada de tipo láurico. Los otros componentes, proteínas, hidratos de carbono, y fibra, están en valores entre 7 y 11 %.
- Entre las características de la grasa de “coquito de palma, destaca:
 - La composición en ácidos grasos lo clasifica como una materia grasa preferentemente saturada (AGS 84,8 %), de tipo láurica, grasas que comercialmente tienen importantes aplicaciones tecnológicas y que puede ser utilizada en reemplazo de grasas con contenidos en AG *trans*.
 - Como toda grasa láurica, no aporta componentes bioactivos como tocoles en cantidades importantes, pues como son altamente saturadas la naturaleza no las ha dotado de una alta protección a la oxidación. El contenido de fitoesteroles es más bien bajo en relación a aceites vegetales insaturados.
 - Desde el punto de vista nutricional, por su alto contenido de ácido láurico, su consumo no es recomendable para personas que tienen alterado su perfil plasmático de lipoproteínas del colesterol.

4.10.4. Bibliografía sobre la semilla de “coquito de palma” y su aceite

Atchley, A. 1984. Nutritional Value of Palms. *Principes*, 28(3): 138-143.

Codex Alimentarius. Norma del Codex para aceites vegetales especificados, Codex-Stan 210 (Enmendado 2003, 2005) pp 1-17

Firestone, D. (Editor), 2006. Physical and chemical characteristics of oils, fats and waxes. AOCS Press. 2nd Edition USA.

Gunstone, F. (Editor), 2002. Vegetable oils in Food Technology. pp 157- 164. CRC Press.

Masson, L., Camilo, C. y Torija, M. 2008. Caracterización del aceite de coquito de palma chilena (*Jubaea chilensis*). *Grasas y Aceites*. 59, 33 – 38.

Masson, L. y Mella, M. 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en Ácidos Grasos. Monografía. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Ed. Universitaria, Santiago, Chile.

Pantzaris, T. and Basiron, Y. 2007. The lauric (coconut and palm kernel) oils. In. Gunstone, F., Harwood J. and Dijkstra A. The Lipid Handbook. Boca Raton. Ed. CRC Press. pp 37 -141.

Rodríguez, R., Matthei, O. and Quezada, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción – Chile. 408 p.

Shahidi F. (Editor). 1997, Natural Antioxidants pp 143 . AOCS Press.USA.

5. Estudios comparativos

A partir de los datos obtenidos para los diez aceites estudiados, se ha realizado un estudio comparativo en cuanto al contenido de materia grasa de las semillas. Con el fin de poder comparar los resultados se han expresado en base seca (bs). Se han hecho comparaciones en relación a los ácidos grasos, los tocoles y los fitoesteroles.

El capítulo se ha organizado de la siguiente manera:

- Composición centesimal de las semillas.
- Contenido total de grasa de las semillas.
- Estudio de los ácidos grasos. AGS, AGMI y AGPI y del aporte de ácidos grasos esenciales. Clasificación nutritiva de los aceites estudiados en función de su composición en ácidos grasos.
- Estudio de los tocoles.
- Estudio de los fitoesteroles.

5.1. Composición centesimal de las semillas

Con el objeto de comparar los contenidos de proteína, hidratos de carbono disponibles y fibra, de las diez semillas (en base seca) se elaboró la Tabla EC-1.

Tabla EC-1. Comparación de la composición centesimal de las diez semillas (bs)

Semilla	Proteínas	Grasa	H. Carbono	Fibra
Tuna	5,8	5,4	6,0	80,6
Zarzamora	11,0	18,0	10,0	59,0
Chañar	27,3	47,6	10,4	9,7
Chirimoya	14,1	18,5	23,1	42,3
Espino	20,8	4,7	10,9	60,8
Rosa mosqueta	7,4	8,3	7,2	75,4
Papaya	27,3	32,4	16,8	17,3
Avellana chilena	17,5	51,6	21,8	5,6
Peumo	5,4	9,7	56,9	24,8
Coquito	7,3	69,7	9,8	12,0

En general, se observa una gran variación entre las semillas.

El contenido de proteína estuvo entre 5,4% (peumo) y 27,3% (chañar y papaya), con valores intermedios se encuentran la avellana chilena (17,5%), el espino (20,8%) y la chirimoya (14,1%). Las semillas restantes presentaron valores entre 5 y 11%.

En cuanto a hidratos de carbono, fue el componente mayoritario en semilla de peumo (56,9%). Las otras semillas presentaron valores intermedios con 23,1%, en chirimoya, 21,8% en avellana chilena, 16,8% en papaya. En el resto se encontraron valores bajos, entre 6 y 11%.

La fibra fue uno de los componentes que está en mayor porcentaje en el 50% de las semillas, que fueron las de tuna (80,6%), rosa mosqueta (75,4%), espino (60,8%), zarzamora, 59%) y chirimoya (42,3%). En las otras semillas los valores oscilan entre 5,6% (avellana chilena) y 24,8% (peumo).

De estos resultados podemos deducir que la proteína no fue mayoritaria en ninguna de las semillas, pero el valor de chañar y papaya se considera alto. Los hidratos de carbono disponibles fueron realmente altos en el peumo, y la fibra fue el componente más destacado en el 50% de las semillas, como ya hemos indicado.

La composición más equilibrada en cuanto a estos tres componentes la presentó la semilla de papaya, y en segundo término la de chirimoya.

5.2. Materia grasa total

En la Tabla EC-2 y en la Figura EC-1 se presentan los contenidos de materia grasa en las semillas estudiadas.

Tabla EC-2. Contenido promedio de materia grasa, en orden creciente, de las diez semillas estudiadas (g/100 g bs)

Semilla	Materia Grasa g/100g bs
Espino	4,7 ± 0,3
Tuna	5,4 ± 0,3
Rosa Mosqueta	8,3 ± 0,7
Peumo	9,7 ± 0,7
Zarzamora	18,0 ± 1,1
Chirimoya	18,5 ± 1,2
Papaya	32,4 ± 1,5
Chañar	47,6 ± 0,6
Avellana	51,6 ± 0,8
“Coquito de palma”	69,7 ± 2,1

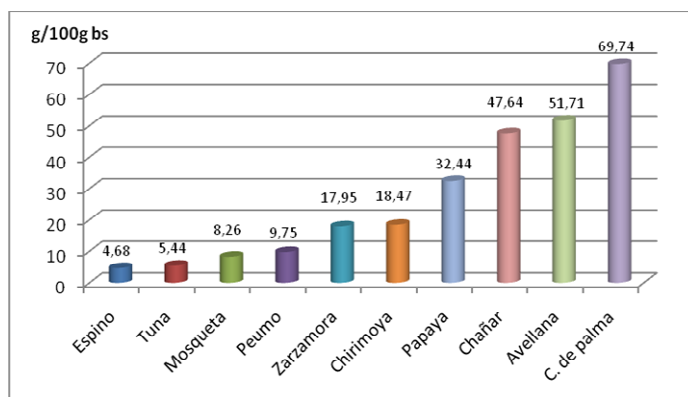


Figura EC-1. Valores promedio, en orden creciente, de materia grasa de las diez semillas estudiadas

Se observa un amplio rango de valores que van desde 4,68 a 69,74 g/100 g bs. Estos datos son importantes por cuanto entregan información de aquellas semillas que pueden llegar a ser una fuente potencial de materia grasa en el caso de ser industrializadas.

Las semillas más destacadas en cuanto al contenido graso son “coquito de palma”, avellana, chañar, papaya y zarzamora, las cuales sobrepasan el 15%, llegando incluso casi al 70% en el caso del “coquito de palma”.

Entre las semillas más importantes en la elaboración industrial de aceites comestibles se encuentran soja, girasol y canola, que contienen, por término medio 22 - 23, 41 - 48 y 44 - 49% de materia grasa, respectivamente. De todas nuestras semillas, las más próximas estas otras de uso habitual para la obtención de aceite, son papaya y chañar.

En algunas muestras el contenido de grasa es bajo. Las semillas de peumo, rosa mosqueta, tuna y espino tienen contenidos bajos de materia grasa, entre 4,7 y

9,7 %, pero sus aceites tienen características nutricionales destacables. Tal es el caso especial de la rosa mosqueta, cuyo aceite se elabora en Chile y se exporta, principalmente como aceite especial de amplio uso en cosmética.

5.3. Ácidos grasos

En este apartado vamos realizar las comparaciones teniendo en cuenta los grupos de ácidos grasos, AGA, AGMI, AGPI, así como el contenido de los ácidos grasos esenciales. La distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos de los aceites de las semillas estudiadas, se incluyen en la Tabla EC-3 y en la Figura EC-2,

Tabla EC-3 Distribución porcentual promedio de los tres grupos de ácidos de los aceites de las diez semillas estudiados, g/100 g AG

Ácidos Grasos g/100 g AG	Pa	Av	Py	Chi	Es	Cha	Pe	Tu	Zar	Mo
AGS totales	84,78	7,22	13,60	23,88	22,94	19,35	23,77	16,62	10,10	6,32
AGMI totales	12,82	85,94	72,54	43,47	32,42	37,73	24,79	21,00	20,94	16,46
AGPI totales	2,29	6,71	13,86	32,64	44,64	42,91	51,44	62,18	68,95	77,15

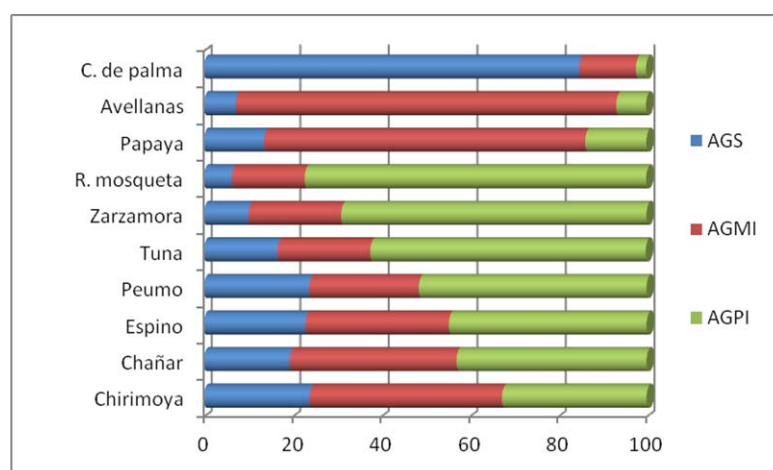


Figura EC-2. Distribución porcentual promedio de los tres grupos de ácidos de los aceites de las diez semillas estudiados, g/100 g AG

Si clasificamos nuestros aceites considerando la distribución obtenida en AGS, AGMI y AGPI, permite separarlos en cuatro grupos, con el fin de ordenarlos según sus características nutricionales.

Estos grupos corresponden a:

- Grupo 1. **Aceite altamente saturado: Uno**, corresponde al aceite (grasa) del “coquito de palma”.
- Grupo 2. **Aceites altamente monoinsaturados: Dos**, que corresponden a los aceites de las semillas de papaya y de avellana chilena.
- Grupo 3. **Aceites de composición equilibrada: Tres**, que corresponden a los aceites de las semillas de chirimoya, de chañar y de espino.
- Grupo 4. **Aceites mayoritariamente poliinsaturados: Cuatro**, que corresponden a los aceites de las semillas de peumo, de tuna, de zarzamora y de rosa mosqueta.

5.3.1. Aceite altamente saturado

La grasa del “coquito de palma” es la única altamente saturada, con 84,78 g/100g AG (Tabla EC-4 y Figura EC-3). En su composición posee de AG de cadena corta-media entre los que destaca el ácido láurico (12:0) que corresponde al 50,5% del grupo, seguido de ácido cáprico (10:0), caprílico (8:0) y mirístico.

Posee ácidos grasos de cadena mediana como palmítico (16:0) y esteárico (18:0), pero son minoritarios. En el grupo de los AGMI el principal es el ácido oleico con 12,15 g/100 g. El escaso aporte de AGPI, no lo clasifica como una materia grasa interesante desde el punto de vista nutricional.

Tabla EC-4. Aceite altamente saturado

ÁCIDOS GRASOS		Coquito de palma g/100 g AG
Caprílico	8:0	13,00
Cáprico	10:0	14,91
Láurico	12:0	42,82
Mirístico	14:0	7,34
Palmítico	16:0	3,98
Esteárico	18:0	2,12
Otros		0,61
AGS totales		84,78
Oleico	18:1 n-9	12,15
Otros		0,68
AGMI totales		12,82
Linoleico	18:2 n-6	2,15
Linolénico	18:3 n-3	0,07
Otros		0,07
AGPI totales		2,29
AGPI:AGMI:AGS		0,03:0,15:1
Relación AG n-6:n-3		31:1
Relación AG n-6:n-9		1: 5,7

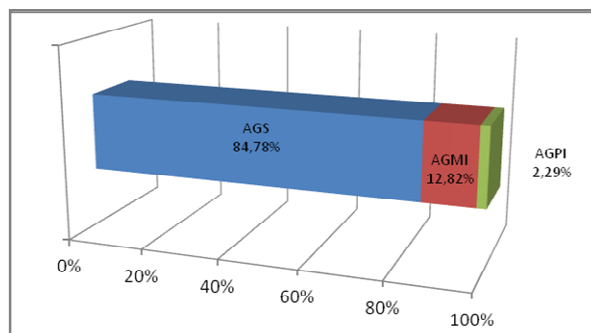


Figura EC-3. Distribución porcentual de los tres grupos de ácidos grasos en el aceite de coquito de palma chilena

Su alto contenido de AGS de cadena corta-mediana, lo hace parte de los alimentos grasos considerados de riesgo para las personas que presentan problemas cardiovasculares, por incrementar principalmente las concentraciones de colesterol LDL y colesterol total, resultando en un balance negativo para la salud de la persona, ya que aumenta la relación colesterol LDL/colesterol HDL. Esta relación es un indicador más específico de riesgo cardiovascular (Villalpando *et al.*, 2007).

Ciertamente, los AGS aumentan el riesgo cardiovascular en una relación dosis/respuesta, pero el nivel de riesgo varía dependiendo de cada ácido graso individual. Así, el ácido láurico y el mirístico aumentan el colesterol total, el ácido palmítico, tiene menos efecto, pero elevan LDL-colesterol, en cambio, el ácido esteárico no modifica la tasa LDL/HDL, considerándose neutro. Debido a ello, los alimentos que contienen proporciones altas de AGS de menor riesgo (esteárico y palmítico) deben ser preferidos o recomendados en relación a los que contienen proporciones altas de AGS de mayor riesgo (láurico y mirístico) (Villalpando, *et al.*, 2007). Como es de esperar, en este tipo de aceite, por su alto contenido de AGS, los balances entre las familias n-6:n-3 y n-6:n-9 no son nutricionalmente adecuados. Debe

señalarse, en todo caso, que el consumo de grasas láuricas como el aceite de palmiste, el de coco, no son de consumo masivo.

Desde el punto de vista tecnológico, la grasa de “coquito de palma” es interesante, ya que es una materia grasa semisólida que no aporta ni colesterol ni ácidos grasos *trans*, que puede tener una amplia aplicación en la elaboración de coberturas grasas como alternativa de consumo para las personas sin riesgo cardiovascular.

5.3.2. Aceites altamente monoinsaturados

Entre los aceites con predominio de AGMI, encontramos a los obtenidos de las semillas de papaya y de avellana chilena. En estos aceites con predominio de AGMI el total de los mismos se encuentra por encima del 70% (Tabla EC-5 y Figura EC-4).

Tabla EC-5. Aceites altamente monoinsaturados

ÁCIDOS GRASOS		g/100g AG	
		Papaya	Avellana
Palmítico	16:0	9,53	2,15
Estearico	18:0	3,46	0,73
Otros		0,61	4,34
AGS totales		13,60	7,22
Oleico	18:1n-9	71,05	37,33
Otros		1,49	48,61
AGMI totales		72,54	85,94
Linoleico	18:2n-6	13,16	6,59
Linolénico	18:3n-3	0,70	0,12
AGPI totales		13,86	6,71
AGPI : AGMI : AGS		1 : 5 : 1	0,9 : 12 : 1
Relación AG n-6:n-3		24 : 1	55 : 1
Relación AG n-6:n-9		1 : 5,1	1 : 5,7

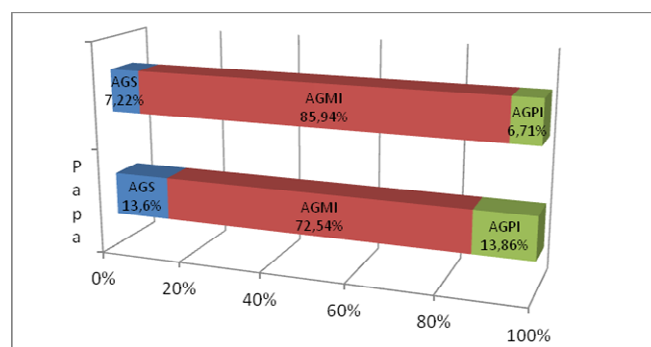


Figura EC-4. Distribución porcentual de los grupos de ácidos grasos de los aceites de semillas de papaya y de avellana chilena

El aceite de semilla de papaya tiene una composición muy interesante, con fuerte predominio del grupo de AGMI, siendo el mayoritario el ácido oleico 18:1n-9, con 71,05 g/100 g AG y sólo el 1,49 g/100 g AG corresponde a otros AGMI como 16:1; isómeros de 18:1 y 20:1. Presenta un moderado contenido de AGPI representado

principalmente por el ácido linoleico, con 13,16 g/100 g AG. El contenido de ácido linolénico es de sólo 0,70 g/100 g AG. El grupo minoritario corresponde a los AGS con 13,60 g/100 g AG, siendo los principales los ácidos palmítico con 9,53 y esteárico con 3,46 g/100 g AG respectivamente.

El perfil de ácidos grasos del aceite de avellana chilena también presenta un predominio de los AGMI, en los cuales se distinguen dos familias con contenido equilibrado, la n-5 y la n-9. De la primera, los ácidos 16:1; 18:1; 20:1 y 22:1 suman 43,18 g/100 g AG, el ácido hexadecenoico, isómero del ácido palmitoleico 16:1, es el más abundante con 23,01 g/100 g AG promedio. En la familia n-9 predomina el ácido oleico con 37,33 g/100 g AG, al que se suman los ácidos grasos 20:1 y 22:1 llegando a un total de 42,25 g/100 g AG para esta familia. El aporte de AGPI es escaso, y entre ellos el ácido linoleico está presente en 6,59 g/100 g AG, mientras que el ácido linolénico sólo llega al 0,12 g/100 g AG. La presencia de AGS es también baja, con sólo 7,2 g/100 g AG, distribuida en ácidos grasos de cadena mediana y larga de 16, 18, 20, 22 y 24 átomos de carbono.

Desde el punto de vista del grupo de los AGMI, la composición de estas dos materias grasas es similar. El predominio de este grupo, representa ventajas saludables y tecnológicas. Desde el punto de vista nutricional, ambos aceites son interesantes por su aporte en ácido oleico, alto en el caso del aceite de semilla de papaya (71 g/100 g AG), mediano en el caso del aceite de semilla de avellana chilena (37g/100 g AG). Es conocido que dicho ácido oleico tiene un efecto positivo o neutro en los niveles plasmáticos de colesterol LDL, lo que potencia a estos dos aceites como nuevas fuentes de aceites especiales saludables. En el caso de la semilla de avellana chilena como un excelente alimento de consumo directo, que puede ser de uso masivo porque, además de su alto contenido en aceite 48%, preferentemente monoinsaturado de buena calidad nutricional, su aporte proteico es alto (16%), lo mismo los hidratos de carbono (20%). En cuanto al balance n6:n-3, están lejos de la recomendación de 5:1.

Desde el punto de vista teórico de una aplicación industrial, hay posibilidades para el aceite de semilla de papaya. En la industria moderna de alimentos “*snack*”, el aceite para fritura se elige sobre la base de los siguientes criterios: sabor, textura,

sensación en la boca, sabor residual, vida útil del producto, disponibilidad, costo, regulaciones y necesidades o requisitos nutricionales. Las compañías de comida rápida en los países desarrollados usan los cuatro primeros criterios enumerados anteriormente para determinar la aceptabilidad de cualquier aceite para usarlo en un producto. La vida útil y el costo están relacionados con la rentabilidad de la compañía.

Los últimos dos aspectos citados son cada vez más importantes en los países desarrollados ya que no todos los aceites son recomendables para proceso de fritura industrial y en algunos países no se permiten algunos por tener ácido linolénico n-3 sobre 2%. De ahí la búsqueda de aceites adecuados para la elaboración de alimentos fritos de alto consumo. Actualmente, en muchos países, los llamados "aceites saludables" que son bajos en AGS y AGPI, cero AG *trans* (no hidrogenados), altos en AGMI principalmente oleico. En la actualidad los principales ejemplos de estos tipos de aceites son girasol alto oleico, canola alto oleico, canola medio oleico, girasol medio oleico y aceite de canola bajo en linolénico (Dobarganes *et al.*, 2002; Gupta, 2004). El aceite de semilla de papaya cumple naturalmente con este perfil tecnológico y de salud.

5.3.3. Aceites de composición equilibrada

En este grupo se incluyen los aceites extraídos de las semillas de chirimoya, de chañar y de espino (Tabla EC-6 y Figura EC-5).

Tabla EC-6. Aceites de composición equilibrada

ÁCIDOS GRASOS		g/100 g AG		
		Chirimoya	Chañar	Espino
Palmitico	16:0	14,91	8,48	11,12
Estearico	18:0	7,60	5,65	8,93
Otros		1,37	5,22	2,89
AGS totales		23,88	19,35	22,94
Oleico	18:1n-9	42,64	35,13	30,74
Otros		0,83	2,60	1,68
AGMI totales		43,47	37,73	32,42
Linoleico	18:2n-6	31,32	42,91	44,22
Linolénico	18:3n-3	1,32	-	0,25
Otros		-	-	0,17
AGPI totales		32,64	42,91	44,64
AGPI: AGMI: AGS		1,4:1,8:1,0	2,2:1,9:1,0	1,9:1,4:1,0
Relación AG n-6:n-3		24:1	No aplica	177:1
Relación AG n-6:n-9		0,7:1	1:0,9	1:0,7

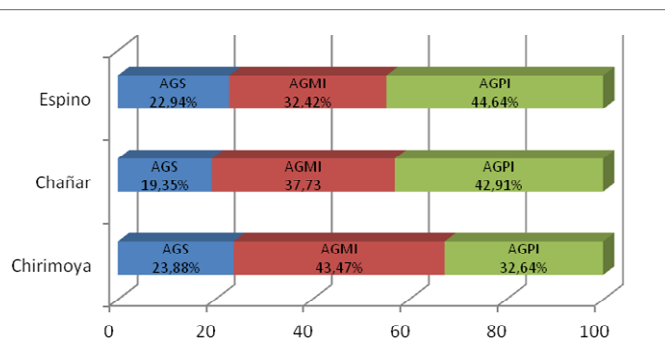


Figura EC-5. Distribución porcentual de los tres grupos de AG presentes en los aceites de semillas de espino, de chañar y de chirimoya

La materia grasa de estas tres semillas posee una composición en ácidos grasos equilibrada. Se observa que:

- El aceite de semilla de espino posee 22,94% AGS, 32,42% AGMI y 44,64% AGPI.
- El aceite de semilla de chañar posee 19,35% AGS, 37,73 AGMI y 42,91% AGPI.
- Mientras que el aceite de chirimoya tiene 23,88% AGS, 43,47% AGMI y 32,64% AGPI.

En el grupo de los AGS, los ácidos palmítico y esteárico son los más abundantes con rangos de 8,48 y 14,91 g/100 g AG, para el primero y 5,65 y 8,93 g/100 g AG para el segundo. Además, el aceite de semilla de chañar tiene 5,22 g/100 g AG de otros ácidos grasos de cadena larga, 20:0, 22:0 y 24:0.

El grupo de los AGMI, lo compone casi exclusivamente el ácido oleico con valores entre 30,7 y 43,47 g AG. Entre los AGPI el ácido linoleico es el mayoritario, presente entre 31,32 y 44,22 g/100 g AG.

Desde el punto de vista nutricional, el que estos tres aceites tengan un contenido medio de ácido linoleico, los ubica en una posición destacada dado que las

recomendaciones nutricionales actuales que se están manejando van encaminadas a reducir el aporte dietario de este ácido por su intervención en la formación de metabolitos (eicosanoides) con efecto inflamatorio. Por ello, se está, recomendando disminuir el uso de aceites que lo contengan por encima del 50% del total de ácidos grasos y tiene un gran interés la búsqueda de aceites que lo tengan naturalmente.

Por otra parte, se considera que el efecto positivo de este AG sobre el colesterol plasmático es efectivo cuando representa entre el 17-20% del total de la ingesta de AG, lo cual refuerza la recomendación de incrementar el consumo de aceites reducidos en ácido linoleico, como estos tres aceites estudiados. El ácido α -linolénico está presente en bajo porcentaje en los aceites de semilla de chirimoya y espinoso con 1,32 y 0,25 g/100 g AG, respectivamente, mientras que en el aceite de semilla de chañar no se detectó. Esta característica es claramente desbalanceada en cuanto a la relación n-6:n-3 que se considera saludable para el ser humano.

5.3.4. Aceites mayoritariamente poliinsaturados

Corresponden a los aceites de semillas de peumo, tuna, zarzamora y rosa mosqueta (Tabla EC-7 y Figura EC-6).

El aceite de semilla de peumo tiene el mayor contenido de ácido palmítico, que sobrepasa los 17 g/100 g AG; su contenido de ácido oleico representa el 24,48 g/100 g AG y el de ácido linolénico está en un significativo 2,33%. El porcentaje de ácidos poliinsaturados sobrepasa, en promedio, el 51 g/100 g AG, el predominante es el linoleico, con un valor cercano a 49 g/100 g AG.

Tabla EC-7. Aceites mayoritariamente poliinsaturados

ÁCIDOS GRASOS	g/100 g AG			
	Peumo	Tuna	Zarzamora	Rosa mosqueta
Palmítico 16:0	17,83	12,43	4,68	3,16
Estearico 18:0	3,35	3,28	4,15	2,00
Otros	2,59	0,91	1,27	1,16
AGS totales	23,77	16,62	10,10	6,32
Oleico 18:1 n-9	21,48	14,53	19,80	14,32
Otros	3,31	6,47	1,14	2,14
AGMI totales	24,79	21,00	20,94	16,46
Linoleico 18:2n-6	48,85	61,00	59,03	44,50
Linolénico 18:3n-3	2,33	0,58	9,18	31,73
Otros	0,26	0,60	0,74	0,92
AGPI totales	51,44	62,18	68,95	77,15
AGPI: AGMI: AGS	2:1:1	4:1,3:1	7:2:1	12:3:1
Relación AG n-6:n-3	24:1	105:1	6 :1	1,4 :1
Relación AG n-6:n-9	1:0,4	1:0,2	1:0,3	1:0,3

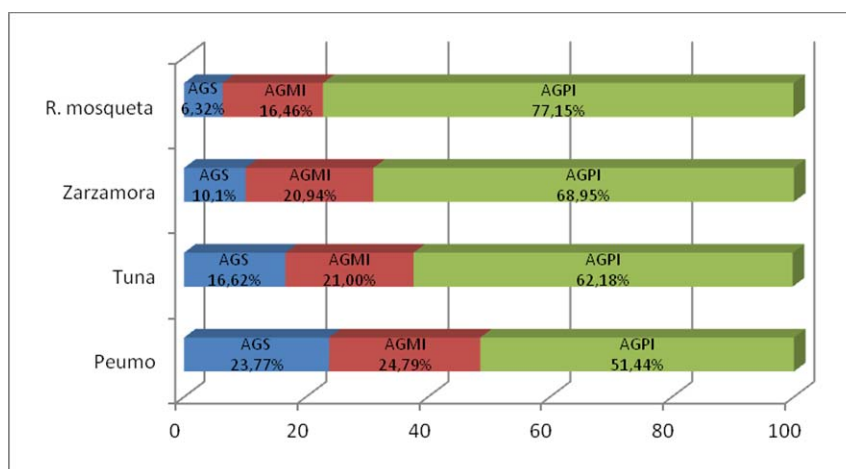


Figura EC-6. Distribución porcentual de los grupos de AG en los aceites de semilla de peumo, tuna, zarzamora y rosa mosqueta

Los aceites de semilla de tuna y zarzamora poseen composición de ácidos grasos similares, con excepción del palmítico. Ambos tienen valores bajos de AGS, 16,62 g/100 g AG para tuna y 10,10 g/100 g AG para zarzamora. Sin embargo, la distribución del grupo es disímil, ya que en el caso del aceite de semilla de tuna, el AGS dominante es el palmítico con 12,43 g/100 g AG, mientras que el aceite de semilla de zarzamora es más equilibrado.

Los AGMI están en cantidades similares siendo el ácido oleico es mayoritario. Entre los AGPI el ácido linoleico se encuentra en ambas semillas con valores similares, del orden de los 60 g/100 g AG. Una diferencia importante se produce en el contenido de ácido α -linolénico, que en el aceite de semilla de zarzamora es muy superior, llegando a 9,18 g/100 g AG de valor medio, mientras que en el aceite de semilla de tuna no llegó a 1 g/100 g AG.

Caso aparte, es el aceite de semilla de rosa mosqueta. En este aceite se observan los valores más bajos de AGS y AGMI, destacando enormemente los AGPI totales que llegan a 77% del total de AG. Entre los AGPI destacan los dos ácidos grasos esenciales, sobresaliendo de manera importante los 31,73 g/100 g AG de ácido α -linolénico y el ácido linoleico con 44,50 g/100 g AG. Esta distribución permite tener una relación casi única en un aceite vegetal n-6:n-3 de 1,4:1.

Al considerar estos cuatro aceites, desde el punto de vista nutricional, se puede concluir que el aporte de AGPI los clasifica como alimentos funcionales, especialmente los aceites de semilla de zarzamora y rosa mosqueta por la proporción de ácidos grasos de la familia n-3, que es difícil de encontrar en otras materias grasas, dada la relación n-6:n-3 que en el caso de aceite de semilla de zarzamora es de 6:1 que es la recomendada nutricionalmente. En el aceite de rosa mosqueta la relación es de 1,4:1 no habitual de encontrar en aceites vegetales; sin embargo esta relación puede tener ventajas desde el punto de vista biológico. Por su parte, los aceites de semilla de peumo y tuna, presentan un alto desbalance para la relación n-6:n-3.

En estos cuatro aceites, el aporte de AGS es bajo siendo los mayoritarios el ácido palmítico y el ácido esteárico, que son considerados neutros en cuanto a su riesgo cardiovascular. Los aceites altamente poliinsaturados como los encontrados en

este estudio, no son la primera opción tecnológica por su alta susceptibilidad a la oxidación, pero si son importantes desde el punto de vista nutricional y funcional.

5.3.5. Clasificación nutricional de los aceites estudiados

En el año 2007, Dubois *et al.* establecieron una clasificación nutricional para aceites vegetales en función del tipo y contenido de sus ácidos grasos; esta clasificación, en clases y subclases, la elaboraron a partir del estudio del perfil de ácidos grasos de 80 aceites vegetales. De acuerdo a ella, hemos clasificado los aceites de nuestras semillas, que queda del siguiente modo:

A.- Clase AGS

- 1.1. Sub-Clase Ac.Cáprico, Ac. Láurico, Ác. Mirístico.

A ella corresponde la grasa de “coquito de palma”.

- 1.2. Sub Clase Acido Palmítico.

Incluye el aceite de semilla de peumo.

B.- Clase AGMI

- 2.1. Sub Clase AGMI con > 60%.

Incluye el aceite de semilla de papaya y el de avellana chilena.

- 2.2. Sub Clase AGMI + AGS + ácido linoleico (LA).

En esta clase están los aceites de chirimoya, chañar y espino.

C.- Clase AGPI

- 3.1. Sub Clase > 60% LA.

Incluye al aceite de semilla de tuna.

- 3.2. Sub Clase LA + AGS.

En esta clase se encuentra el aceite de semilla de peumo.

- 3.3. Sub Clase LA + AGMI.

Incluye los aceites de semillas de zarzamora y de rosa mosqueta.

- 3.4. Sub Clase ALA + AGMI.

En ella se encuentran los aceites de semillas de rosa mosqueta y de zarzamora.

- 3.5. Sub Clase ALA + LA.

Incluye los aceites de semillas de rosa mosqueta y de zarzamora.

De acuerdo a esta clasificación y considerando la propuesta de Dubois que nutricionalmente los mejores son los aceites que se clasifican en las sub Clases ALA + AGMI y ALA + LA, el aceite de las semillas de rosa mosqueta y de zarzamora son los únicos que cumplen con esta composición en esta clasificación.

D.- Clase de mejor perfil nutricional

Considera ALA+AGMI y ALA +LA.

Se encuentran los aceites de semilla de rosa mosqueta y de zarzamora.

Posibles mezclas

Como cada aceite estudiado tiene su composición particular y quedó clasificado en diferentes grupos de acuerdo a su perfil nutricional, surge la alternativa de sugerir mezclas entre ellos que mejoren sus relaciones en AG que realcen su composición natural.

Ejemplo práctico. Si el aceite de semilla de papaya y el aceite de semilla de chirimoya se mezclan con aceite de semilla de rosa mosqueta en la proporción de 90:10 respectivamente, los perfiles de AGS, AGMI no se modifican sustancialmente, en cambio la relación n-6: n-3 mejora para el caso del aceite de papaya de 24:1 a 4:1 y para el caso de aceite de semilla de chirimoya la relación n-6: n-3 que era 24:1 se mejora a 5:1.

Por ello podemos decir que pueden desarrollarse diferentes mezclas entre los aceites de las semillas estudiadas, para mejorar sus perfiles en AG de acuerdo a los requerimientos óptimos nutricionales.

5.4. Tocolos

La vitamina E (vit E) fue descubierta en 1922, conocida como una sola molécula, llamada alfa-tocoferol (α -T). Recientes investigaciones, han mostrado que la vit E es una serie homóloga de moléculas, que incluye tocoferoles y tocotrienoles, todos ellos con importancia en la protección de los diferentes tejidos del organismo humano frente al ataque de los radicales libres o al estrés oxidativo. Nuevas evidencia demuestran que, a pesar de que el α -T es el antioxidante biológicamente más potente, los demás tocolos ejercen efectos biológicos antioxidantes, sumándose a la importancia de estos beneficios saludables (Kosowski y Clouatre, 2009).

En relación a las recomendaciones internacionales sobre ingesta de vitamina E, el Instituto de Medicina de la Academia Nacional de EEUU, indica que a pesar de que en la naturaleza existen ocho formas químicas de dicha vitamina, el α -Tocoferol es la única forma que se reconoce que responde a los requerimientos humanos, ya que las otras formas tienen niveles de actividad biológica variados.

La Ingesta Recomendada se expresa como Dietary Reference Intakes (DRIS) que es un término general para un conjunto de valores de referencia, que se usan para planificar y controlar las ingestas de nutrientes de las personas sanas. Dentro de la DRIS se encuentra la Recommended Dietary Allowance (RDA), que corresponde al nivel medio de ingesta suficiente para cumplir con los requerimientos del nutriente, que incluye entre el 97 – 98% de las personas sanas.

La RDA para vitamina E es solo para d- α -Tocoferol natural, que se expresa en mg para adultos (hombres y mujeres) que es de 15 mg, que equivalen a 22,4 UI (NHI, 2011).

Como en el etiquetado nutricional de alimentos y suplementos alimenticios se emplea la expresión en UI, que es una medida de actividad biológica más que de cantidad, los factores de conversión se señalan a continuación (Tabla EC-8).

Tabla EC-8. Conversión de diversas formas de tocoferoles

	Tocoferol 1mg = UI	Tocoferol 1 UI = mg	Tocoferol 1 mg = Eα-T
d-α-tocoferol (natural)	1,49	0,67	1,00
dl-α-tocoferol (sintético)	2,22	0,45	-
β-tocoferol (natural)	0,30	-	0,20
γ-tocoferol (natural)	0,15	-	0,10
δ-tocoferol (natural)	0,01	-	0,01

Fuente Pryor, 2003

Eα-T= equivalente de α-tocoferol

En la Tabla EC-9 se recogen los valores y formas de expresión de vitamina en diferentes países.

Tabla EC-9. Valores y formas de expresión para la Vitamina E en diferentes países

País		Expresión	Valor	Referencia
Chile	Dosis Diaria de Referencia (DDR)	mg Eα-T	20	MINSAL, 2002
España	Aporte Dietético Recomendado (RDA)	mg Eα-T	15	Arbonés <i>et al.</i> , 2003
Estado Unidos	Valor Diario (DV)	IU	30	FDA
CODEX	Ingesta diaria recomendada (IDR)	mg α-T	10	CODEX STAN 2003, 1995
Instituto Medicina	Recommended Dietary Allowances (RDAs)	mg α-T	15	NIH USA Gov, Vitamin E, 2011

Una vez hechos los comentarios generales sobre la vitamina E, pasamos a comentar los resultados de nuestros aceites, al respecto.

La Tabla EC-10 presenta los aportes de tocoferoles de los aceites de las semillas estudiadas, su equivalencia a α -T/kg, α -T/porción y el aporte porcentual de la dosis diaria de referencia (% DDR) considerada de 20 mg E α -T por porción de 14 g de aceite.

Los aceites de las semillas estudiadas se pueden dividir en 3 categorías

- Un grupo en que el % DDR es menor al 20%, los aceites de semilla de papaya, tuna, chirimoya y “coquito de palma”, están entre 4 y 6% de la DDR, valores que no permiten considerarlos en eventuales etiquetados nutricionales, ni se consideran buena fuente de antioxidantes.
- El segundo grupo de aceites corresponde a los que aportan entre 20 y 50% DDR, que podrían ser etiquetados como buenas fuentes de vit E y corresponden a los aceites de semillas de espino, avellana y zarzamora que tienen valores entre 21 y 23% de la DDR.
- El tercer grupo de aceites que aportan más del 50 % de la DDR por porción de consumo, representan una fuente importante de Vit E como antioxidante natural, lo integran los aceites de semilla de peumo, chañar y mosqueta, con valores entre 59,51 y 56% de la DDR, respectivamente. Estos resultados refuerzan la propuesta que estos aceites podrían considerarse funcionales por su aporte de vit. E.

Tabla EC-10. Aporte de tocoles de los aceites de las semillas estudiadas

Semilla	α -T	β -T	γ -T	δ -T	E α -T/kg	E α -T /porción*	% DDR
Peumo	245		1431	3001	418	5,9	59
Rosa mosqueta	285		1134	41	399	5,6	56
Chañar	328	13	327	13	363	5,1	51
Zarzamora	27		1403	83	168	2,4	24
Espino	140	5	209	67	163	2,3	23
Avellana	152**		2		152	2,1	21
Tuna	16		317		48	0,7	7
Papaya	40	4	300	36	44	0,6	6
Coquito palma	38	4	27	15	42	0,6	6
Chirimoya	16		135		30	0,4	4

Se incluye equivalencia de α -T/kg, equivalencia de α -T/porción y su aporte porcentual de la dosis diaria recomendable (% DDR)

* Porción = 14 g de aceite

** Corresponde a α -Tocotrienol

En los estudios de suplementación en seres humanos, el α -T disminuyó la peroxidación de lípidos, la pro-aterogenicidad de monocitos, la agregación y adhesión plaquetaria y actuó como antiinflamatorio por la inhibición de la 5-lipoxigenasa (Kaul, *et al.*, 2001). También disminuyó la adherencia de células endoteliales *in vitro*, inhibió la producción de superóxidos, la proliferación de células musculares lisas y reguló la homeostasis vascular (Devaraj, 1998; Martin *et al.*, 1999, Usoro *et al.*, 2010). Estas propiedades, podrían estar presentes en la mayoría de los aceites de semillas estudiados ya que presentan cantidades importantes de α -T, especialmente los aceites de semilla de chañar, mosqueta y peumo, los que están cerca o sobrepasan los 250 mg/kg de α -T. Esto los sitúa como posibles alimentos funcionales que pueden contribuir a la prevención de enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer y Parkinson por su función antioxidante.

En los aceites estudiados existe una mayor cantidad de γ -T, que es la forma principal de vitamina E en la dieta de EE.UU., por el consumo de aceite de maíz y soja forma que sin embargo, recibe poca atención en comparación con α -T. Aunque la evidencia sugiere que el γ -T tiene propiedades que son importantes para la salud humana y que no son compartidas por α -T, este sigue siendo la forma principal de suplemento vitamínico y la única forma de vit E que se ha estudiado ampliamente debido a la menor biodisponibilidad y bioactividad que ha presentado el γ -T cuando se evalúa en animales (Uoro, 2010).

El γ -T tiene la capacidad de inhibir la peroxidación lipídica, atrapando y neutralizando moléculas reactivas de oxígeno (Kamal-Eldin, 1996), que contribuyen a enfermedades relacionadas con inflamaciones crónicas, como cáncer, enfermedades cardiovasculares y trastornos neurodegenerativos (Ames *et al.*, 1993).

En otro contexto, la creciente preocupación respecto de los daños a la piel inducidos por la luz ultravioleta (UV) se ha traducido en un mayor esfuerzo para prevenir los efectos nocivos de esta radiación sobre los seres humanos. Esto se ha llevado a cabo, principalmente, por la aplicación tópica de compuestos capaces de provocar efectos foto protectores, como lo han demostrado varios estudios en el área cosmética que demuestran que α -T proporciona protección contra el daño producido por la radiación UV solar (Krol *et al.*, 2001). Esta característica proporciona a los aceites de semilla de peumo, chañar y rosa mosqueta otra interesante aplicación, en el ámbito cosmético, que son los de mayor contenido de este compuesto bioactivo.

5.5. Fitoesteroles

Se ha recomendado que una dieta óptima para prevenir enfermedades coronarias que debe basarse en tres estrategias

- Reducir el consumo de los AG aterógenicos (láurico, mirístico y palmítico) y los ácidos grasos *trans* formados por procesos de hidrogenación parcial de aceites poliinsaturados, por materias grasas moderadamente poliinsaturadas, lo que implica un predominio del grupo de los AGMI, representado principalmente por el ácido oleico, surgiendo en el mercado los aceites alto oleico obtenidos por procedimientos de selección genética., además del tradicional aceite de oliva y de palta o aguacate.
- Aumentar el consumo de ácidos grasos n-3, de preferencia los de cadena larga de 20 y 22 átomos de carbono (principalmente de origen marino), para mejorar el habitual desbalance de la dieta entre ácidos grasos n-6 y n-3.
- Aumentar el consumo de frutas y hortalizas, representadas por hojas, tallos, brotes, así como nueces y granos integrales (en reemplazo de los granos refinados) que aportarán mayor cantidad de fibra y componentes bioactivos, principalmente, de carácter antioxidante.

Estas recomendaciones dietéticas que implican un cambio en la ingesta de diversos alimentos, debe reflejarse en un perfil lipídico del plasma o suero del individuo, que reduzca el factor de riesgo conducente a sufrir algún tipo de accidente cardiovascular. Los tres factores señalados se complementan en sus funciones fisiológicas, obteniéndose una reducción del nivel del colesterol sérico. Adicionalmente, con una dieta de este tipo, se obtiene por parte de los consumidores, un aumento de la ingesta de esteroides vegetales presentes en los aceites, lo cual se considera beneficioso para la salud, ya que puede influir en una disminución del nivel de colesterol total plasmático o sérico y como consecuencia, una disminución de la incidencia de enfermedades cardiovasculares, (Hu y Willet, 2002, Ellegård *et al.*, 2007).

Los esteroides vegetales, también llamados fitoesteroides (FES), están presentes en todos los alimentos de origen vegetal y cumplen una función estructural como

componente de la membrana celular de las plantas. Tienen una estructura química similar al colesterol, pero se diferencian en la cadena lateral. Son biológicamente comparables a la función del colesterol en los animales, el cual es una parte esencial en la membrana celular. El rol más importante de los fitoesteroles en las plantas es su influencia en la permeabilidad y el intercambio de fluidos en la célula (Piironen *et al.*, 2000; De Jong *et al.*, 2003; Ellegård *et al.*, 2007). Los FES no se sintetizan por los mamíferos, y por lo tanto, su presencia en el organismo humano tiene su origen exclusivamente por el aporte de la dieta (De Jong *et al.*, 2003).

Se ha establecido que la ingesta de FES disminuye la concentración de colesterol en el plasma debido a que inhiben su absorción en el intestino. Comparado con el colesterol, la concentración de los FES en el plasma es muy baja, lo que demuestra la incapacidad fisiológica de ser absorbidos. Algunos investigadores (Kozłowska-Wojciechowska *et al.*, 2003) han publicado que la adición de 2 a 3 g de fitoesteroles en una dieta normal o baja en grasas produce una disminución promedio de 7% del colesterol total y aproximadamente un 10% de reducción del colesterol-LDL sérico que es un factor de riesgo para enfermedades coronarias.

La absorción de colesterol es usualmente del orden del 50%, nuevos estudios han mostrado una gran variación dependiendo del individuo, encontrándose rangos entre 30 y 80%. Por otra parte, la absorción de fitoesteroles es muy baja, variando entre 0,1 a 5% dependiendo de la estructura específica del esteroide. Los fitoesteroles compiten con la absorción de colesterol en el intestino delgado, principalmente en la estructura de las micelas por reducción de la solubilidad del colesterol (Ellegård, *et al.*, 2007).

Una base de datos elaborada por investigadores Ingleses, del contenido de fitoesteroles de aproximadamente 350 alimentos se ha usado para relacionar la ingesta de fitoesteroles en la dieta habitual (basada en un cuestionario de frecuencia) y la concentración de colesterol sérico. En este estudio participaron más de 22.000 mujeres y hombres con edades entre 39 y 79 años (Andersson *et al.*, 2004). En él, se encontró una relación inversa entre la ingesta de FES y colesterol total y LDL-colesterol sérico, corregida por edad, índice de masa corporal e ingesta de energía. Además, se estimó que la ingesta diaria de FES en la población británica en estudio,

estuvo cercana a 300 mg/día tanto para mujeres como para hombres, con un rango entre 100 y 700 mg/día, lo cual concuerda con el estudio realizado por Ellegård *et al.*, (2007) en la población alemana.

En la dieta occidental la ingesta promedio de FES está entre 200 y 400 mg/día (Ellegård, *et al.*, 2007). Las mayores fuentes son aceites para cocinar, margarinas, maní, grasa de leche, legumbres y algunas semillas (girasol y sésamo). Por su parte, Francisco y Resurrección (2008) estudiaron poblaciones asiáticas y vegetarianas, que consumen en mayor medida los alimentos vegetales citados, y comentan que la ingesta de FES representa para ellos entre 345 y 400 mg/día

Aproximadamente 250 mg/día de FES (~ 4 mg/kg de peso/día) se consumen en una dieta típica de EEUU. En personas de la tercera edad, el promedio ingerido es cercano a 300 mg/día con un valor máximo de 680 mg/día. En Holanda, el consumo promedio es de 285 ± 97 mg/día. En la Tabla EC-11 se muestra el contenido de FES de algunos alimentos de origen vegetal.

Tabla EC-11. Fitoesteroles en alimentos de origen vegetal (mg/100 g)

Alimento	FES totales mg/100g	Alimento	FES totales mg/100g
Hortalizas, frutas y patata		Aceites	
Brocoli*	44	Maíz crudo	809-1557
Coles de bruselas**	43	Maíz refinado	715-952
Coliflor**	40	Algodón crudo	431-539
Guisantes verdes*	25	Algodón refinado	327-397
Naranja*	24	Oliva virgen extra	144-150
Zanahoria **	16	Oliva orujo	261-282
Manzanas *	13	Canola crudo	513-979
Pepino *	6	Canola refinado	250-731
Tomates *	5	Arroz crudo	3225
Patatas **	3,8	Arroz refinado	1055
Cereales y derivados		Soja crudo	229-459
Salvado de trigo*	200	Soja refinado	221-328
Maíz**	178	Girasol crudo	374-725
Centeno**	91-110	Palma crudo	71-117
Cebada**	59-83	Palma refinado	49-61
Trigo**	60-69	Margarina líquida*	522
Pan integral*	53		
Avena*, **	33-52		
Pan de trigo	29		

Fuentes: * Ellegard et al. (2007), adaptado **Piironen et al. (2000)

La FDA autorizó en el año 2000 el uso de mensajes saludables en el etiquetado de ciertos alimentos sobre la función de los esteroides o estanoles vegetales en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Como requisito se impuso que por lo menos 0,65 g de fitoesteroides o 1,7 g de fitoestanoles deben estar presentes en cada porción de consumo del alimento, para permitir el siguiente mensaje: “el alimento *puede o podría reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares*”. Esto último apoyado con una dieta baja en grasas saturadas y bajo consumo de colesterol (FDA, 2010).

De acuerdo a los requerimientos definidos por el FDA, es difícil que alimentos en su estado natural puedan llevar mensajes saludables respecto de su contenido de fitoesteroles, ya que se requiere un valor muy alto. Distinto es el caso de margarinas enriquecidas con fitoesteroles en que una porción de 15 gramos contribuye con 1,3 g de fitoesteroles (Kozłowska-Wojciechowska *et al.*, 2003).

La Comunidad Europea, Reglamento CE 608/2004 señala que en el etiquetado de los alimentos que contienen fitoesteroles, debe ponerse: “esteroles vegetales”.

Al estudiar el contenido de fitoesteroles de nuestros aceites (Tabla EC-12 y Figuras EC-7 y EC-8) vemos que nuevamente se pueden establecer tres grupos.

El menor aporte de fitoesteroles es el que corresponde a la grasa de coquito de palma, con un valor total del orden de 100 mg/100 g. El segundo grupo incluye a los aceites de semillas de avellana, rosa mosqueta, tuna, chañar, peumo y chirimoya, cuyos contenidos totales de fitoesteroles se encuentran entre 200 y algo más de 350 mg/100 g. En último lugar los aceites de las semillas que aportan estos compuestos en mayor proporción, los de zarzamora, espinos y papaya, cuyo contenido supera los 400 mg/100 g, llegando en el de papaya a 571 mg/100 g.

Tabla EC-12. Contenido de Fitoesteroles de los aceites de semillas estudiadas, ordenados de menor a mayor, mg/100 g de aceite y por porción de 14 g

	Campesterol	Estigmasterol	β -Sitosterol	Δ^5 -Avenasterol	Δ^7 - Estigmasterol	Δ^7 -Avenasterol	Total (mg/100 g)	mg/porción*
Coquito	8,2	3,6	48,0	8,2	32,5	-	101	14
Avellana	24,2	4,0	194,8	-	4,7	-	228	32
Rosa mosqueta	10,3	4,8	244,3	22,4	23,4	-	305	43
Tuna	39,1	81,4	148,4	13,5	25,5	-	308	43
Chañar	15,9	41,6	231,1	12,1	19,3	-	320	44
Peumo	29,6	-	291,3	18,6	-	-	340	48
Chirimoya	35,2	69,1	231,0	8,6	11,5	-	355	50
Zarzamora	23,1	6,4	408,0	4,8	9,1	3,5	455	64
Espino	67,8	186,2	298,8	-	-	-	553	77
Papaya	45,9	16,2	430,7	45,7	8,9	23,2	571	80

*porción = 14 gramos de aceite

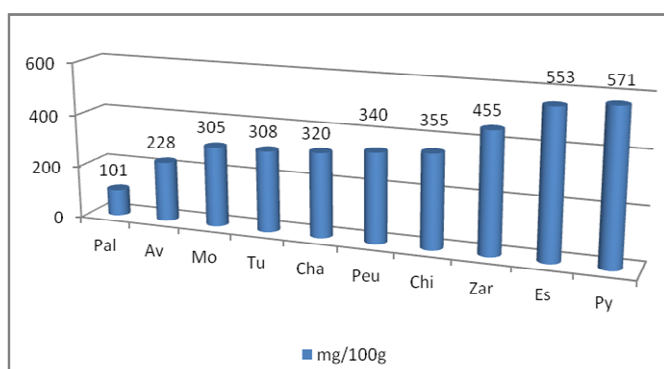


Figura EC-7. Contenido de fitoesteroles de los aceites de las semillas estudiadas, ordenados de menor a mayor (mg/100 g aceite)

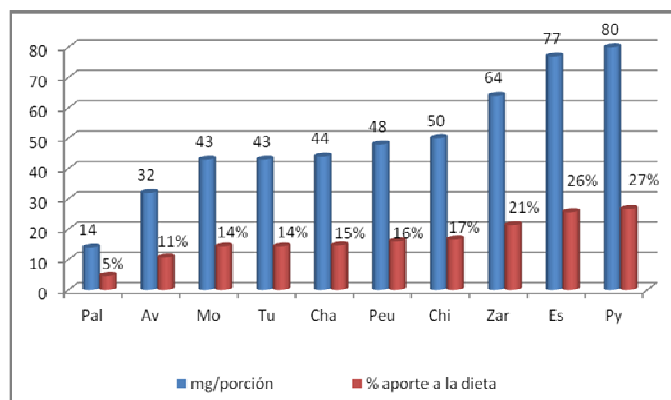


Figura EC-8. Aporte de fitoesteroles totales de los aceites estudiados, mg/por porción (14 g de aceite) y % de aporte a la dieta, ingesta promedio 300 mg/día

De estos resultados, es importante señalar que los aceites extraídos de las semillas de zarzamora, espinos y papaya destacan por su alto contenido de FES totales, aportando por encima del 20% de la ingesta promedio para la dieta occidental

correspondiente a 300 mg/día (Tabla EC-12), lo que puede ser considerado potencialmente con características de alimento funcional.

Los aceites de semillas de avellana, rosa mosqueta, tuna, chañar, peumo y chirimoya, aportan como promedio el 10% basado en la misma dieta y el aporte más bajo corresponde al aceite de coquito de palma con sólo el 5% (Figuras EC-7 y EC-8).

5.6. Conclusiones del estudio comparativo

- La composición centesimal de las semillas estudiadas, mostró una gran variación entre ellas. La proteína no fue mayoritaria en ninguna, pero se destacan por su alto valor chañar y papaya; el contenido más alto de hidratos de carbono lo presentó la semilla de peumo y la fibra fue el principal componente en el 50% de las semillas. La composición más equilibrada entre estos tres componentes correspondió a papaya y en segundo término a chirimoya.
- En la comparación del contenido de grasa total de las semillas estudiadas, destacan como fuente potencial para la obtención de la misma, la de coquito de palma y los aceites de avellana, chañar y papaya.
- De acuerdo a la clasificación de Dubois *et al.* los aceites con mejor perfil nutricional en ácidos grasos son los de las semillas de rosa mosqueta y zarzamora.
- Destaca, entre los aceites estudiados, el de semilla de papaya por su alto contenido de ácido oleico, que le asemeja al aceite de oliva y de aguacate.
- Si nos referimos ahora al contenido de equivalentes de α -Tocoferol por kilo de aceite, destacan los aceites de semillas de peumo y rosa mosqueta. Si consideramos ahora el aporte a la dieta que representa este contenido, teniendo en cuenta una porción de 14 gramos de aceite, ambos cubrirían el 60% de la DDR.
- En relación al mejor aporte de fitoesteroles totales, destacan los aceites de semillas de papaya, espino y zarzamora.

5.7. Bibliografía referente al estudio comparativo

- Ames, B. N., Shigenaga, M. K. and Hagen, T.M. 1993. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. *Proc Natl Acad Sci.* 90 (17): 7915–7922.
- Andersson, S., Skinner, J., Ellegård, L., Welch, A., Mulligan, A., Andersson, H., and Khaw, K. 2004. Intake of dietary plant sterols is inversely related to serum cholesterol concentration in men and women in the EPIC Norfolk population: a cross-sectional study. *Eur J Clin Nutr.* 58:1378-1385,
- Arbonés, G.; Carbajal, A.; Gonzalvo, B.; González-Gross, M.; Joyanero, M.; Márquez-López, I.; Martín, M.L.; Martínez, A.; Montero, P.; Núñez, C.; Puigdueta, I.; Quer, J.; Rivero, M.; Roset, M.A.; Sánchez-Muniz, F.J. 2003. Nutrición y recomendaciones dietéticas para personas mayores. Grupo de trabajo “Salud Pública” de la Sociedad Española de Nutrición (SEN). *Nutr. Hosp.* XVIII, 109 – 137.
- CODEX ALIMENTARIUS. Codex Standard for Formula Foods for use in very low energy diets for weight reduction. Codex STAN-203-1995, pag 1-4.
- De Jong, A., Plat, J., and Mensink, R. 2003. Metabolic Effects of Plant Sterol and Stanol (Review). *J. of Nutritional Biochemistry*, 14: 362-369.
- Devaraj, S., y Jialal I. 1998. The effects of alpha tocopherol on crucial cells in atherogenesis. *Curr Opin Lipidol*, 9:11–5.
- Dobarganes García, M^a.C.; Márquez Ruiz, G. y Velasco, J. 2002. La calidad de los aceites y grasas de fritura. *ANS. Alimentación, nutrición y salud*, ISSN 1136-4815, Vol. 9, N^o. 4, 2002 , págs. 109-118.
- Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J., and Parmentier, M. 2007. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 710-732.
- Ellegård, L., Andersson S., Normén, A., and Andersson H. 2007. Dietary Plant Sterol and Cholesterol Metabolism. *Nutrition Reviews*, Vol. 65, No 1.
- FDA, USA. Food Labeling Guide 14 Appendix F. Calculate the percent Daily Value for the Appropriate Nutrient. Guidance for Industry. A Food Labeling Guide. Consulta: noviembre 2011.
- FDA, Food and Drugs Administration, USA, Consulta: 07 de Julio de 2010 <http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDocuments/FoodLabelingNutrition/FoodLabelingGuide/ucm064919.htm>.

- Francisco, M., y Resurrección, A. 2008. Functional Components in Peanuts. *Crit. Rev. in Food Sci and Nutr.* 48:715-746.
- Gupta, M., Warner, K., and White, P. 2004. Frying Technology and Practices, AOAC Press. Champaign, Illinois, Cap. 1. Pag. 9-10.
- Hu, F. and Willet, W. 2002. Optimal Diets for Prevention of Coronary Heart Disease. *JAMA*, 288(20):2569-2578.
- Kamal-Eldin, A., and Appelqvist, L. A. 1996. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids*. **31**(7):671–701.
- Kaul, N., Devaraj, S., y Jialal, I. 2001. Alpha tocopherol and atherosclerosis. *Exp Biol Med*, 226:5–12.
- Kozłowska-Wojciechowska, M., Jastrzębska, M., Naruszewicz, M., and Foltyńska, A. 2003. Impact of Margarine Enriched With Plant Sterol on Blood Lipids, Platelet Function, and Fibrinogen Level in Young Men. *Metabolism*, Vol. 52, No 11, 1373-1378.
- Kosowski, A., y Clouatre, D. 2009. Vitamin E: Natural vs. Synthetic, in: Watson, R., and Preedy, V., Tocotrienols, Vitamin E Beyond Tocopherols. CRC press, Cap 5, pag. 61-63.
- Krol, E., Escalante, D y Liebler, D., 2001. Mechanisms of Dimer and Trimer Formation from Ultraviolet-Irradiated α -Tocopherol. *Lipids*, Vol. 36, N° 1.
- Martin, A., Janigian, D., Shukitt-Hale, B., Prior, R. L. y Joseph, J. A. 1999. Effect of vitamin E intake on levels of vitamins E and C in the central nervous system and peripheral tissues: implications for health recommendations. *Brain Res.* 845(1):50–59.
- MINSAL Ministerio de Salud. 2002. Dosis Diaria de Referencia (DDR) para adultos y niños mayores de 4 años de edad para ser utilizados en el etiquetado nutricional. R.E. n° 393/02. Ministerio de Salud. Santiago de Chile.
- NHI USA Gov. National Institute of Health. 2011. Strengthening knowledge and understanding of Dietary Supplements. Vitamina E.
- Piironen, V., Lindsay, S., Miettinen, T., Toivo, J., and Lampi, A. 2000. Plant Sterol: Biosynthesis, Biological Function and their importance to human nutrition. *J Sci Food Agric.* 80:939-966.
- Pryor, W. 2003. Vitamina E. en: Bowman, B., and Russell, R., Conocimientos Actuales Sobre Nutrición. Publicación Científica y Técnica No 592, Organización Panamericana de la Salud. Washington, EUA. Cap. 14, pag. 171-173.

Usoro, O., and Mousa, S. 2010. Vitamin E Forms in Alzheimer's Disease: A Review of Controversial and Clinical Experiences. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50:414–419.

Villalpando, S., Ramírez, I., Bernal, D., y De la Cruz, V. 2007. Grasas, Dieta y Salud. Tablas de composición de ácidos grasos de alimentos frecuentes en la dieta mexicana. Instituto Nacional de Salud Pública. México. Pág. 15-16.

6. Conclusiones finales y recomendaciones

De acuerdo con los objetivos de la tesis y los resultados obtenidos, su discusión y estudio comparativo se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

Conclusiones

1.- Al considerar las semillas en cuanto a su composición centesimal, lo más destacado es:

- El elevado contenido de fibra de algunas de ellas, especialmente la de tuna (80,6%), rosa mosqueta (75,4%) y espino (60,8%).
- La semilla de peumo presenta el mayor contenido de hidratos de carbono disponibles (56,9%), muy diferente del resto.

En cuanto al contenido de proteínas, chañar y papaya, presentan cantidades similares (27,3%), seguidos de espino (20,8%).

2.- De las diez semillas estudiadas, destacaron por su alto contenido de grasa (expresado en base seca) las de:

- Chañar, con 47,6%.
- Avellana chilena, con 51,7%
- Coquito de palma, con 59,7%,

lo que las perfila como fuentes potenciales de estos aceites especiales.

3.- Desde el punto de vista nutricional, y de acuerdo a los perfiles en ácidos grasos obtenidos para las diez semillas, podemos establecer la siguiente clasificación:

- Grasa (aceite) altamente saturada: Manteca de coquito de palma.
- Aceites altamente monoinsaturados: Aceites de semilla de avellana chilena y papaya.
- Composición equilibrada entre los tres grupos de ácidos grasos: Aceites de semilla de chirimoya, chañar y espino.
- Aceites mayoritariamente poliinsaturados: Aceites de semilla de peumo, tuna, zarzamora y mosqueta.

4.- Destacan los aceites de las semillas de rosa mosqueta y zarzamora por su contenido en ácidos linoleico y linolénico, lo que les permitiría ser considerados como potenciales alimentos o ingredientes funcionales.

5.- En relación al contenido y aporte de compuestos bioactivos, tocoles y fitoesteroles destacaron:

- En cuanto a tocoles, los aceites de semillas de peumo y rosa mosqueta.
- Y para fitoesteroles, los de semillas de papaya, espino y zarzamora.

6.- En una visión de conjunto, en cuanto a composición en ácidos grasos y aporte de componentes bioactivos, los dos aceites con mayor proyección en cuanto a funcionalidad son los de las semillas de rosa mosqueta y zarzamora.

7.- El aceite de semilla de papaya puede proyectarse como una nueva fuente de un aceite altamente monoinsaturado, con un contenido en ácido oleico del orden del 70%, que le hace similar a los aceites de oliva y aguacate.

Recomendaciones

Finalmente nos parece de interés establecer unas recomendaciones de uso de las semillas y su aceite extraído, que serían las siguientes:

- Las semillas recomendadas para su consumo directo serían las de avellana chilena y coquito de palma, de acuerdo con su uso tradicional.
- Las semillas seleccionadas para su uso en bollería, panadería serían: avellana chilena, coquito, zarzamora y rosa mosqueta, tanto enteras como en forma de harina; de esta misma forma se podría recomendar el uso de las semillas de tuna, espino y peumo.
- Una vez extraído el aceite se podrían utilizar como un aceite más, los de papaya y chirimoya.
- Los aceites extraídos de todas las semillas estudiadas se podrían utilizar como ingredientes funcionales, teniendo en cuenta para su aplicación sus particularidades propias.